

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Mecànica

ESTUDI DE L'OPTIMITZACIÓ DEL PROCÉS DE GENERACIÓ DE VAPOR EN UNA FÀBRICA



Memòria i Annexos

Autor: Adrià Farré Ponsa
Director: Joan Grau
Convocatòria: Febrer 2019

Resum

Aquest Treball de Fi de Grau estudia la possibilitat de canviar la utilització del gas natural, com a font d'energia per produir vapor en una fàbrica de pinso, per la biomassa.

Primer de tot s'hi estudia la situació actual de la fàbrica pel que fa a la producció de pinso, el consum energètic i el cost econòmic de l'energia utilitzada. També s'hi explica el funcionament i les característiques de la xarxa de vapor instal·lada, tant en l'àmbit dels paràmetres de treball com en el de l'explicació del recorregut del vapor dins la fàbrica.

El gruix i motiu del treball és l'estudi de la viabilitat econòmica del canvi energètic. Per poder fer aquest estudi econòmic, primer es plantegen les diferents opcions de biomassa: pellet, estella i palla de cereal. Les dues que en l'estudi teòric són més viables econòmicament són les que es presenten en el treball: estella i palla. Es busca possibles subministradors de les biomasses i, seguidament, es dimensionen les infraestructures necessàries. Després, gràcies als pressupostos obtinguts per part de proveïdors, es fa l'estudi econòmic per cada alternativa i, finalment, es compara amb la inversió a realitzar si es poses gas.

Les conclusions que se'n deriven són que l'alternativa energètica més favorable és la de la palla de cereal, i que un cop la caldera de gas actual estigui amortitzada, ja que només té 5 anys, seria el moment per canviar de font energètica.

Resumen

Este Trabajo de Fin de Grado estudia la posibilidad de cambiar la utilización del gas natural, como fuente de energía para producir vapor en una fábrica de pienso, por la biomasa.

En primer lugar se estudia la situación actual de la fábrica por lo que se refiere a la producción de pienso, el consumo eléctrico y el coste económico de la energía utilizada. También se explica el funcionamiento y las características de la red de vapor instalada, tanto en el ámbito de los parámetros de trabajo como en el de explicación del recorrido del vapor dentro la fábrica.

El grueso y motivo del trabajo es el estudio de la viabilidad económica del cambio energético. Para poder hacer este estudio económico, primero se plantean las diferentes opciones de biomasa: pellet, astilla y paja de cereal. Las dos que en el estudio teórico son más viables económicamente son las que se presentan en el trabajo: astilla y paja. Se busca posibles suministradores de las biomásas y, seguidamente, se dimensionan las infraestructuras necesarias. Luego, gracias a los presupuestos obtenidos por parte de los proveedores, se hace el estudio económico para cada alternativa y, finalmente, se compara con la inversión a realizar si se volviera a poner gas.

Las conclusiones que salen son que la alternativa energética más favorable es la de la paja de cereal, y que una vez la caldera de gas actual este amortizada, ya que sólo tiene 5 años, sería el momento para cambiar de fuente de energía.

Abstract

This end of degree project examines the possibility of changing the use of natural gas as a source of energy to produce steam in a feed mill, for biomass.

First of all, the current situation of the factory is studied regarding the production of feed, energy consumption and the economic cost of the energy used. It also explains the operation and characteristics of the steam network, both in the scope of the work parameters and on the explanation of the route of steam within the factory.

The reason and matter of this project is the study of the economic viability of this energy shift. In order to carry out this economic study, firstly, the different options of biomass are proposed: pellet, splinter and cereal's straw. The two more economically viable, according to a theoretical study, are those presented at this project: Splinter and Straw. Possible biomass suppliers are searched and, then, the necessary infrastructures are sized. Later, thanks to the budgets obtained by suppliers, the economic study is carried out for each alternative and, finally, it is compared with the investment to be made if gas is put.

The conclusions are that the most favorable alternative energy is the cereal straw, and once the current gas boiler is amortized, it would be time to change energy source.



Agraïments

A la meva família, per haver-me ensenyat a no rendir-me mai i sempre lluitar pel que vull, més enllà dels valors que m'han inculcat, que m'han permès, entre moltes altres coses, tenir una consciència moral envers el nostre planeta Terra i les zones rurals, que m'ha despertat sempre l'interès per les alternatives energètiques netes i per buscar valor afegit a totes les activitats que es realitzen al món rural per poder-li donar la importància que es mereix.





Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRAÏMENTS	V
1. PREFACI	1
1.1. Origen del treball	1
1.2. Motivació	1
1.3. Requeriments previs.....	2
2. INTRODUCCIÓ	3
2.1. Objectius del treball.....	3
2.2. Abast del treball.....	3
3. EL VAPOR COM A FLUID ENERGÈTIC	5
3.1. PRODUCCIÓ I ENERGIA DEL VAPOR	5
3.2. UTILITZACIÓ I ESTATS DEL VAPOR.....	6
3.3. DISTRIBUCIÓ I UTILITZACIÓ DEL VAPOR.....	7
4. PRODUCCIÓ DE PINSO ACTUAL	8
4.1. DADES DE PRODUCCIÓ	9
4.2. CÀLCULS DE PRODUCCIÓ.....	10
5. SITUACIÓ ENERGÈTICA ACTUAL DE PRODUCCIÓ DE VAPOR	13
5.1. TIPUS D'ENERGIA ACTUAL.....	13
5.2. CONSUM ENERGÈTIC ACTUAL.....	14
5.2.1. CÀLCULS DE CONSUM ENERGÈTIC	15
5.3. COST ECONÒMIC ACTUAL	21
5.4. CONSUM DE GAS	30
5.5. DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ	31
5.5.1. CARACTERÍSTIQUES DE LA CALDERA.....	31
5.5.2. PARÀMETRES DE TREBALL DEL VAPOR	32
5.5.3. ESQUEMA DE LA INSTAL·LACIÓ	33
6. ALTERNATIVES ENERGÈTIQUES	38

6.1.	ENERGIA TERMOSOLAR	38
6.2.	ENERGIA BIOMASSA PELLET	39
6.2.1.	NECESSITAT MÀSSICA DE PELLETS	40
6.2.2.	ESTUDI ECONÒMIC PELLETS.....	40
6.2.3.	ANÀLISIS FINAL BIOMASSA PELLET	41
6.3.	ENERGIA BIOMASSA ESTELLA	42
6.3.1.	NECESSITAT MÀSSICA D'ESTELLES	43
6.3.2.	ESTUDI ECONÒMIC ESTELLA	43
6.3.3.	ANÀLISIS FINAL BIOMASSA ESTELLA	44
6.4.	ENERGIA BIOMASSA PALLA DE CEREAL.....	45
6.4.1.	NECESSITAT MÀSSICA DE PALLA	45
6.4.2.	ESTUDI ECONÒMIC PALLA.....	46
6.4.3.	ANÀLISIS FINAL BIOMASSA PALLA DE CEREAL.....	47
6.5.	CONCLUSIONS DE LES ALTERNATIVES ENERGETIQUES	48
7.	ESTUDI D'IMPLANTACIÓ COM A FONT D'ENERGIA LA BIOMASSA EN FORMA D'ESTELLA	49
7.1.	INFRAESTRUCTURA NECESSÀRIA.....	49
7.1.1.	ZONA D'ARRIBADA DELS MITJANS DE SUBMINISTRAMENT	49
7.1.2.	SITJA D'EMMAGATZEMATGE	54
7.1.3.	TRANSPORTADOR ALIMENTADOR.....	58
7.1.4.	SALA CALDERA	58
7.2.	SUBMINISTRAMENT D'ESTELLA.....	59
7.2.1.	ESTUDI MÀSSIC I ECONÒMIC DE L'ESTELLA SUBMINISTRADA.....	60
7.2.2.	FREQÜÈNCIA DE SUBMINISTRAMENT	62
7.3.	INVERSIÓ A REALITZAR	63
8.	ESTUDI D'IMPLANTACIÓ COM A FONT D'ENERGIA LA BIOMASSA EN FORMA DE PALLA DE CEREAL	66
8.1.	INFRAESTRUCTURA NECESSÀRIA.....	66
8.1.1.	ZONA D'ARRIBADA DELS MITJANS DE SUBMINISTRAMENT	66
8.1.2.	SITJA D'EMMAGATZEMATGE	71
8.1.3.	ALIMENTADOR	72
8.1.4.	SALA CALDERA	74
8.2.	SUBMINISTRAMENT DE PALLA DE CEREAL	74
8.2.1.	ESTUDI MÀSSIC I ECONÒMIC DE LA PALLA SUBMINISTRADA.....	75
8.2.2.	FREQÜÈNCIA DE SUBMINISTRAMENT	77

8.3. INVERSIÓ A REALITZAR	78
9. CANVI DE GAS A L'ALTERNATIVA ESCOLLIDA	81
10. ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL	83
CONCLUSIONS	85
PRESSUPOST	87
BIBLIOGRAFIA	89

1. Prefaci

En aquest apartat definiré l'estudi d'objecte del projecte, i traçaré les circumstàncies en el temps que han motivat i originat a realització d'aquest projecte.

1.1. Origen del treball

El treball realitzat té diferents punts d'origen. En primer lloc, l'interès ja sempre latent per part meua en les energies renovables i en l'aprofitament dels recursos naturals que ens proporciona el nostre planeta Terra, i especialment la nostra activitat agrària i forestal, moltes vegades menystinguda i sense obtenir el valor afegit que ofereix i mereix, com és el cas del seu aprofitament per la producció energètica. En segon lloc, durant la realització de l'assignatura d'Enginyeria Tèrmica, vaig despertar un interès, motivat també per la satisfacció que em produïa, en l'estudi dels diferents processos tèrmics per producció d'energia, començant a tenir clar així que buscava l'opció de realització d'un TFG que tingués l'objecte a estudi d'aquest àmbit acadèmic. Un cop vaig tenir clar el tema del qual volia realitzar el meu projecte, la realització de les pràctiques curriculars a la fàbrica de producció de pinso per animals de granja a la Cooperativa d'Artesa de Segre em va obrir les portes a diferents processos industrials en els quals es necessitava energia per produir, i per tant, ja tenia on i què estudiar en el projecte, només quedava el punt final, trobar el tutor que estés interessat en tutelar un projecte d'aquestes característiques, i vaig trobar que el Joan Grau proposava un TFG d'estudi de processos energètics industrials. Un cop en contacte amb el que seria el meu tutor, ja tenia tots els ingredients necessaris per poder estudiar el fet d'utilitzar energies renovables en un procés industrial tèrmic.

1.2. Motivació

Dur a terme aquest projecte a tingut diverses motivacions. La primera motivació ha estat clarament el fet de què la realització del treball inclogués treballar amb energies renovables, tant la termosolar com la biomassa, ja què en sóc un gran admirador i valedor, perquè a més a més de què suposa un punt a favor per la sostenibilitat del nostre planeta, també dóna un valor afegit a les zones rurals del nostre territori, ja què són els focus més importants de producció de biomassa i per tant si la biomassa esdevé en un futur pròxim una font d'energia renovable rentable i majoritària, ajudarà al desenvolupament de les zones rurals, tant menystingudes i amb uns índex de despoblació desmesurats.

Una altra motivació, i no menys important, ha estat poder realitzar el treball de l'àmbit de l'energia tèrmica. És un àmbit que ja sempre m'havia interessat bastant per diversos motius i situacions, però des de la realització de l'assignatura d'Enginyeria Tèrmica, i com a conseqüència el contacte amb els

càlculs de dimensionament de diversos equips i instal·lacions tèrmiques per diferents funcions, sabia que volia aprofundir més en tot aquest món i quina millora manera que realitzar el TFG relacionat amb tot això.

Per últim, el poder fer l'estudi del treball per una finalitat real i concreta, amb possibilitats d'aplicació si s'escau, a una entitat com la Cooperativa d'Artesa de Segre, una de les referents del sector agrícola i ramader de Catalunya, i que és un dels actius i motors econòmics més importants de la comarca de la Noguera, i més en concret del municipi d'Artesa de Segre, del qual en sóc fill, crec que és motiu per està molt satisfet, motivat i orgullós.

1.3. Requeriments previs

Per a realitzar aquest treball ha estat necessari haver cursat l'assignatura d'Enginyeria Tèrmica, per d'aquesta manera assolir uns coneixements bàsics sobre la producció de vapor i dimensionament dels equips necessaris.

També ha estat necessari tenir accés a una fàbrica que tingués aquesta necessitat, ja que a partir de les dades de consums i costos en l'actualitat de la fàbrica en aquest procés, s'ha pogut realitzar l'estudi desitjat.

2. Introducció

En les següents pàgines s'explicarà els objectius i l'abast del treball de fi de grau en qüestió.

2.1. Objectius del treball

El treball realitzat té com a objectiu principal l'estudi de la producció de vapor en la fàbrica de producció de pinso de la Cooperativa d'Artesa de Segre amb energies renovables, esmentant, comparant i finalment decidint quina d'aquestes opcions renovables és més adient.

2.2. Abast del treball

Primer de tot es consultarà i s'investigarà la producció de pinso actual de la fàbrica, per d'aquesta manera saber les dimensions productives de la fàbrica en qüestió.

Seguidament, es farà una avaluació econòmica de l'energia utilitzada actualment i llavors també s'estudiarà les energies renovables de biomassa, i amb l'estudi econòmic fet es faran les comparacions adients que serviran per decidir quina alternativa és més viable econòmicament.

Un cop realitzada aquesta feina, es busca pressupostos d'infraestructura i subministrament concrets per la fàbrica en qüestió per les dues alternatives energètiques teòricament més favorables. Amb això, s'estudia individualment la seva viabilitat econòmica. Amb l'estudi individual fet, s'escull la que millor viabilitat econòmica presenti i es compara amb el valor d'una nova infraestructura de gas natural i també es pensa amb la situació actual per poder començar a planificar quan es podria realitzar el canvi de combustible, tenint en compte la vida útil que li quedi a la caldera actual.



3. EL VAPOR COM A FLUID ENERGÈTIC

El vapor d'aigua és avui en dia el fluid tèrmic més utilitzat. Aquest fet és degut a què el seu conjunt de característiques tèrmiques el converteixen en un fluid insubstituïble.

Les seves característiques principals són les següents:

- Matèria prima barata i d'elevada disponibilitat
- Ampli rang de temperatures de treball
- Inflamable i no tòxic
- Fàcilment transportable per canonades
- Elevat calor de condensació
- Elevat calor específic
- Temperatura de condensació fàcilment regulable
- Sanitàriament acceptat amb les condicions adequades

El vapor d'aigua constitueix el fluid energètic ideal per a l'aplicació en el camp industrial, com en el cas que estic tractant de la seva utilització per realitzar pinso. La raó és la necessitat que té la indústria, en aquest cas alimentaria, d'utilitzar fonts de calor a diversos nivells de temperatura.

Aquest requisit el vapor el compleix a la perfecció perquè té un marge de treball de 1,13 bar a 70 bar de pressió, que equivalen a una banda tèrmica de 103°C a 287°C com a vapor saturat sec i inclús més elevades si el vapor es produeix amb sobreescalfament posterior, però no és el cas que tracto. El seu elevat calor latent i la seva baixa densitat fan que el vapor d'aigua sigui especialment efectiu amb les operacions d'escalfament com la que es busca a la fàbrica de la Cooperativa, on és necessari escalfar la farina a altes temperatures abans de ser granulada dins la granuladora.

3.1. PRODUCCIÓ I ENERGIA DEL VAPOR

El vapor utilitzat com a fluid energètic es caracteritza per estar capacitat de transportar energia entre dos punts en forma d'entalpia.

El vapor es produeix a part de l'aigua dins d'un generador o caldera, en el cas estudiat en una caldera ara per ara de gas natural, en el qual la seva entalpia és augmentada gràcies al calor de la combustió del combustible i que un cop al punt d'utilització, en aquest cas als condicionadors previs a les granuladores, la cedeix al medi a escalfar, en aquest cas la farina.

En una instal·lació de vapor es produeixen canvis energètics caracteritzats per els seus corresponents creixements i decreixements entàlpics al llarg de tot el circuit que cobreix des de l'aigua líquida a qualsevol temperatura fins el vapor sobreescalfat també a qualsevol temperatura, passant per tots els estats entremetjats caracteritzats per l'escalfament i refredament de les fases líquid i vapor així com els canvis de fase. És molt important a l'hora de dissenyar i dimensionar una instal·lació de vapor comprendre molt bé tots aquests canvis així com les característiques i lleis per les quals es regeix.

3.2. UTILITZACIÓ I ESTATS DEL VAPOR

Per afrontar la construcció d'una xarxa de distribució de vapor és necessari comprendre els diferents estats amb els quals es pot presentar l'aigua de dins una instal·lació d'aquest tipus així com totes les característiques que defineixen cada un dels estats. Es poden definir dos estats bàsics:

- Líquid
- Vapor

Aquestes dues definicions no són suficients per estudiar el comportament de l'aigua, sinó que s'ha de profunditzar més en cada estat.

L'estat líquid es pot subdividir amb dos situacions, d'aquesta manera quan el líquid es troba per sota el punt d'ebullició es parla de líquid refredat i quan està al punt d'ebullició es parla de líquid saturat.

L'estat vapor pot subdividir-se amb dos situacions; d'aquesta manera quan el vapor està a la temperatura d'ebullició es tracta d'un vapor saturat i quan es troba per sobre del punt d'ebullició es tracta de vapor sobreescalfat. A més a més, en la situació de vapor saturat, encara s'ha d'afinar més si es té en compte que aquesta situació es presenta amb un marge molt estret i per tant pot ser una barreja de vapor i aigua amb diferents proporcions el motiu pel qual un vapor saturat pot ser sec o humit amb diferents graus d'humitat que venen definits per un paràmetre que s'anomena títol de vapor i que representa el percentatge de fase vapor respecte la barreja vapor-aigua.

En el sistema aigua-vapor apareixen tots aquests estats en diferents punts que formen la xarxa de generació i distribució del vapor.

La situació puntual existent a cada moment depèn de les condicions de pressió i temperatura a les que està sotmès. Cada punt ve caracteritzat per un contingut energètic específic en termes d'entalpia i que és una funció de les dos variables mencionades, pressió i temperatura, que caracteritzen la situació específica d'aquell punt.

3.3. DISTRIBUCIÓ I UTILITZACIÓ DEL VAPOR

La utilització del vapor com a fluid tèrmic porta implícit un esquema bàsic consistent en un punt de generació, un punt d'utilització i entre ells hi ha una xarxa de canonades que els enllacen i són el mitjà de transport d'un punt al altre.

L'obtenció de vapor es realitza mitjançant un generador de vapor, en aquest cas una caldera de gas natural, que s'utilitza per produir una temperatura suficient com per elevar l'entalpia del aigua amb la que s'alimenta fins aconseguir el valor que necessita el sistema. L'aigua entra a la caldera en forma de líquid subrefredat o saturat i surt de la mateixa en forma de vapor saturat reescalfat.

A la sortida de la caldera, el vapor s'ha de conduir mitjançant una xarxa de canonades adequades i que permeti disposar del mateix en el punt d'utilització.

Un cop al punt d'utilització, en aquest cas el condicionador previ a la granuladora, s'extreu la seva entalpia mitjançant l'intercanvi de calor. És important comprendre la forma d'aprofitament de la entalpia que transporta el vapor. El vapor té una alta entalpia de condensació. Aquesta característica és fonamental sobre les que es basa la utilització del vapor i com s'ha d'utilitzar correctament. D'aquesta manera la transferència de calor en el punt d'utilització ha de basar-se en aprofitar correctament aquesta entalpia de condensació per a que a la sortida del equip intercanviador s'obtingui líquid saturat o refredat. D'aquesta manera s'haurà aprofitat l'entalpia de condensació a temperatura constant.

Aquesta forma de funcionar comporta que al final s'obtingui aigua a temperatura similar a la del vapor saturat que es podrà aprofitar per alimentar la caldera i d'aquesta manera evitar el consum energètic de combustible que suposa elevar-ne la temperatura de la xarxa fins a la d'ebullició a la caldera. Igualment s'evitarà el consum de reactius que suposa adequar l'aigua de la xarxa als paràmetres químics exigits a l'entrada de la caldera.

Aquest tipus d'aprofitament d'entalpia latent a temperatura constant cursa amb descens de la pressió i la confereix a la xarxa de distribució de vapor una peculiaritat especial i es que degut a la diferència de pressions de les dos xarxes, el fluid flueix sense necessitat d'equips de bombeig, reduint els elements de bombeig del fluid tèrmic a les bombes d'ingrés de condensats a la caldera, amb la conseqüent reducció de costos d'instal·lació i manteniment.

En conclusió, una instal·lació de vapor exigeix d'un generador, un punt d'utilització i una xarxa amb dos ramals, un de distribució de vapor i un altre de retorn de condensats a la caldera.

4. PRODUCCIÓ DE PINSO ACTUAL

En aquest apartat del treball, es mostrarà la producció de pinso actual de la fàbrica de la Cooperativa d'Artesa de Segre, per d'aquesta forma poder-se fer una idea de les dimensions productives de la fàbrica en qüestió, dades que seran necessàries per fer un bon estudi de viabilitat econòmic de la possible inversió a fer per transformar el sistema de producció de vapor actual al sistema resultant d'aquest estudi.

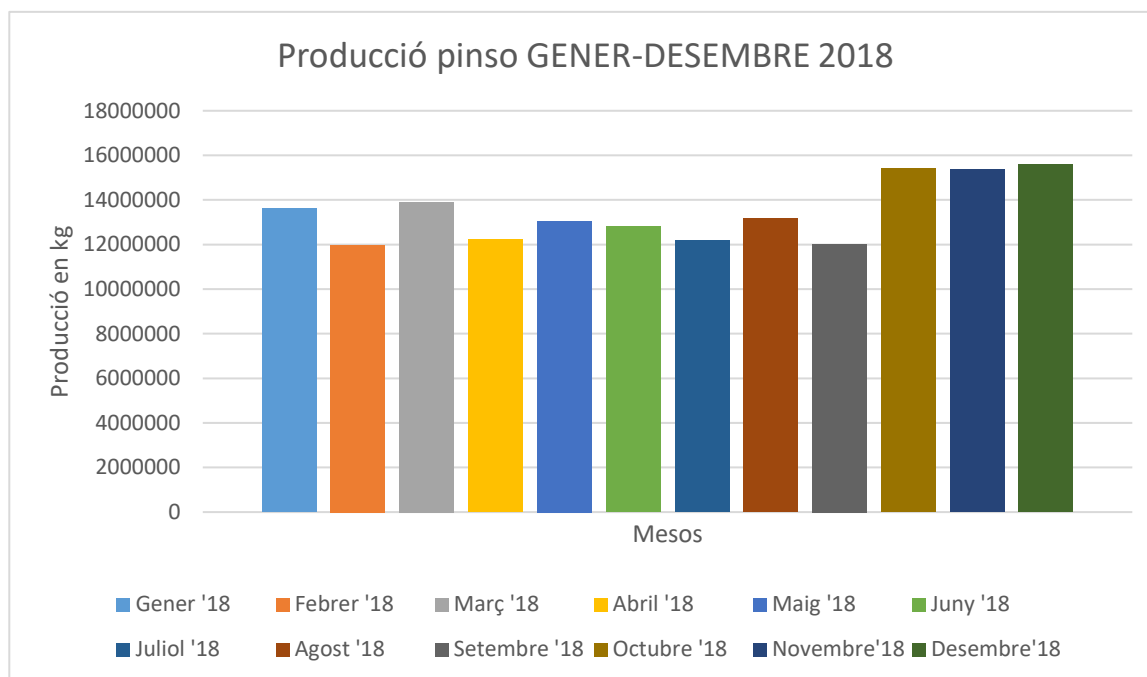
Les dades de producció de pinso de les que es disposa són mensuals, i com què no tots els mesos el consum d'aquest és el mateix per diversos factors relacionats amb la ramaderia intensiva, s'ha agafat un seguit de mesos per poder tenir un recull de dades significatives.

El període de recull de dades seleccionat va del Gener de l'any 2018 fins el Desembre de 2018, un període suficient per poder saber i estudiar les dimensions de productivitat de la fàbrica.

4.1. DADES DE PRODUCCIÓ

MES	KG
<i>GENER 2018</i>	13.600.000
<i>FEBRER 2018</i>	11.976.000
<i>MARÇ 2018</i>	13.904.000
<i>ABRIL 2018</i>	12.242.000
<i>MAIG 2018</i>	13.059.000
<i>JUNY 2018</i>	12.806.000
<i>JULIOL 2018</i>	12.178.000
<i>AGOST 2018</i>	13.153.000
<i>SETEMBRE 2018</i>	12.032.000
<i>OCTUBRE 2018</i>	15.395.000
<i>NOVEMBRE 2018</i>	15.352.000
<i>DESEMBRE 2018</i>	15.605.000

Taula 4.1: Producció de Pinso Gen-Oct '18 (Font: Pere Rocaspana)



Gràfic 4.1: Producció de Pinso 1 (Font: Pere Rocaspana)

4.2. CÀLCULS DE PRODUCCIÓ

Amb les dades de camp recollides, ara es pot fer un seguit de càlculs de mitjanes per tenir així uns valors concrets sobre els quals treballar de forma aproximada en els càlculs necessaris durant tot l'estudi, i que seran molt útils pel dimensionament de les alternatives al sistema energètic actual.

- TOTAL KG PERÍODE GENER-DESEMBRE 2018:

$$Total \text{ kg període Gener - Desembre} = \sum_{Desembre}^{Gener} \text{ kg produïts}$$

$$\sum_{Desembre}^{Gener} \text{ kg produïts} = 161.302.000 \text{ kg}$$

- MITJANA DE PRODUCCIÓ MENSUAL:

$$Mitjana \text{ mensual} = \frac{Total \text{ kg període gener - desembre 2018}}{Total \text{ mesos}}$$

$$Mitjana \text{ mensual} = \frac{161.302.000}{12} = 13.441.833,3 \text{ kg}$$

- **MITJANA DE PRODUCCIÓ DIÀRIA ANUAL:**

$$\text{Mitjana diària anual} = \frac{\text{Total kg període gener – desembre 2018}}{\text{Total dies}}$$

$$\text{Mitjana diària anual} = \frac{161.302.000}{365} = 441.923,3 \text{ kg}$$

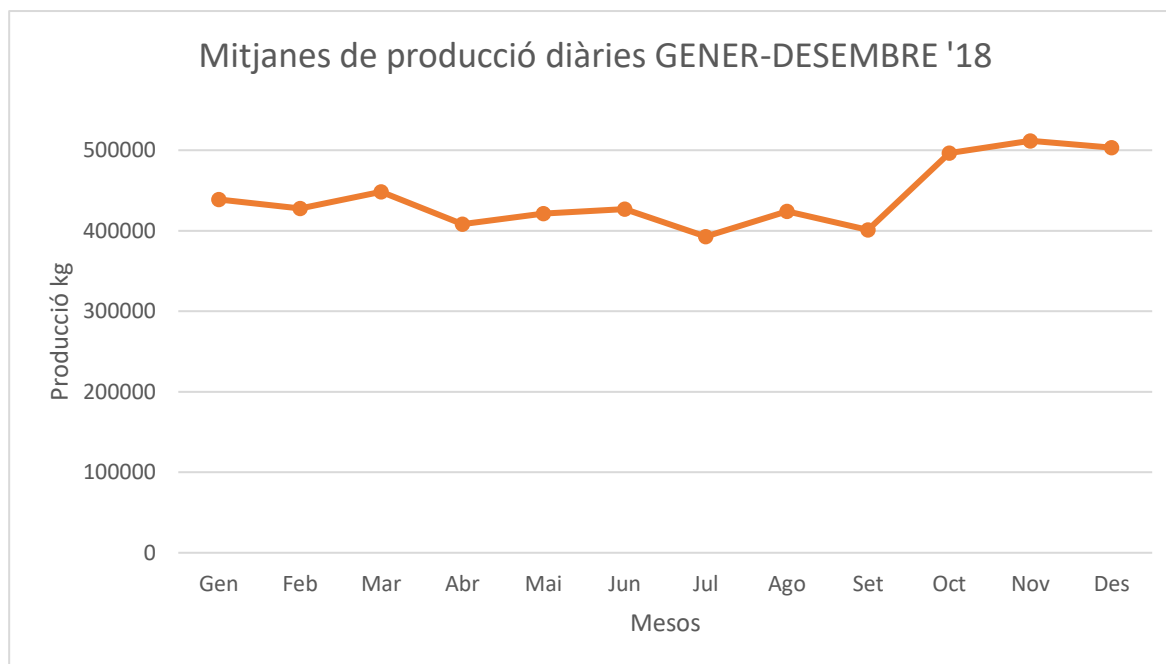
- **MITJANES DE PRODUCCIÓ DIÀRIES MENSUALS:**

$$\text{Mitjana diària Gener} = \frac{\text{Total kg període Gener 2018}}{\text{Total dies}}$$

$$\text{Mitjana diària Gener} = \frac{13.600.000}{31} = 438.709,7 \text{ kg}$$

MES	KG
GENER 2018	438.709,68
FEBRER 2018	427.714,29
MARÇ 2018	448.516,13
ABRIL 2018	408.066,67
MAIG 2018	421.258,07
JUNY 2018	426.866,67
JULIOL 2018	392.838,71
AGOST 2018	424.290,32
SETEMBRE 2018	401.066,67
OCTUBRE 2018	496.612,90
NOVEMBRE 2018	511.733,33
DESEMBRE 2018	503.387,1

Taula 4.2: Mitjanes de producció diàries (**Font:** Pròpia)



Gràfic 4.2: Mitjanes de producció diàries (Font: Pròpia)

Amb les dades obtingudes podem veure què el període de més producció de pinso a la fàbrica de la Cooperativa d'Artesa de Segre són els mesos d'hivern, en especial el Novembre i Desembre.

Aquest fet és un fet a tenir en compte a l'hora de plantejar alternatives energètiques que tinguin una relació directa amb les condicions climàtiques com podria ser l'energia termosolar, ja què els mesos d'hivern a la zona on està ubicada la fàbrica, a Artesa de Segre, acostumen a ser poc assolellats ja què la boira i és un factor molt freqüent.

Les produccions diàries no presenten cap pic estrany, és a dir, segueixen una evolució molt marcada sense sobresalts, per tant es pot fer una predicció molt acurada del dimensionament necessari mensualment en cas de escollir una font d'energia que potser necessiti un cop de mà d'una altra font.

5. SITUACIÓ ENERGÈTICA ACTUAL DE PRODUCCIÓ DE VAPOR

En aquest apartat esmentaré l'energia que actualment utilitza la fàbrica per a produir pinso, esmentant els seus avantatges i desavantatges, i també el consum d'aquesta que té la Cooperativa d'Artesa de Segre a partir del treball de camp realitzat que ha permès obtenir les dades informatives d'aquest aspecte. A més a més, també hi estarà projectat el cost econòmic actual que l'energia implantada a hores d'ara suposa, per d'aquesta manera després poder fer una comparativa real i concreta amb les propostes energètiques alternatives. Tanmateix, un subapartat inclourà un esquema-resum de com funciona actualment la caldera instal·lada.

5.1. TIPUS D'ENERGIA ACTUAL

Actualment per a la producció de vapor a la fàbrica s'utilitza l'energia del gas natural.

El gas natural és un combustible, i per tant una font energètica, d'origen fòssil, format principalment per metà, tot i què també conté una proporció variable d'hidrocarburs lleugers com l'età, el butà o propà, i traces d'hidrocarburs més pesats.

El metà (CH_4) és l'element majoritari del gas natural, del qual pot arribar a suposar el 97% de la seva composició. Les proporcions dels diferents compostos que componen el gas natural varia segons el seu lloc de procedència, essent els llocs més habituals el Mar del Nord, Algèria i Líbia. S'extreu directament de jaciments d'origen natural situats al subsòl i no requereix de cap tipus de transformació, pot ser utilitzat gairebé sense ser sotmès a cap tipus de tractament previ. Els jaciments de gas natural es poden trobar en zones petrolíferes ja què s'originen per processos similars de descomposició de matèria orgànica. Degut a la seva baixa densitat ocupa la part més superior d'aquests jaciments, en els quals a la zona del mig hi ha el petroli i més avall es solen trobar extensions d'aigua salada. Tot i ser l'energia fòssil menys contaminant i amb un bon rendiment tèrmic, segueix sent una font d'energia no renovable i com a conseqüència, perjudicial per el nostre planeta Terra.

El gas natural té l'avantatge de ser un combustible amb un alt poder calorífic (12,53 kWh/kg), així com què és una font energètica competitiva des d'un punt de vista econòmic i que és de fàcil accés o possibilitat d'ús per l'usuari.

Tot i això, té nombrosos desavantatges, sobretot des d'un punt de vista medi ambiental. El gas natural és una font d'energia d'origen fòssil, com ja s'ha esmentat anteriorment, i per tant no és una font d'energia renovable, és a dir, la natura no té la capacitat de produir de forma continuada aquesta

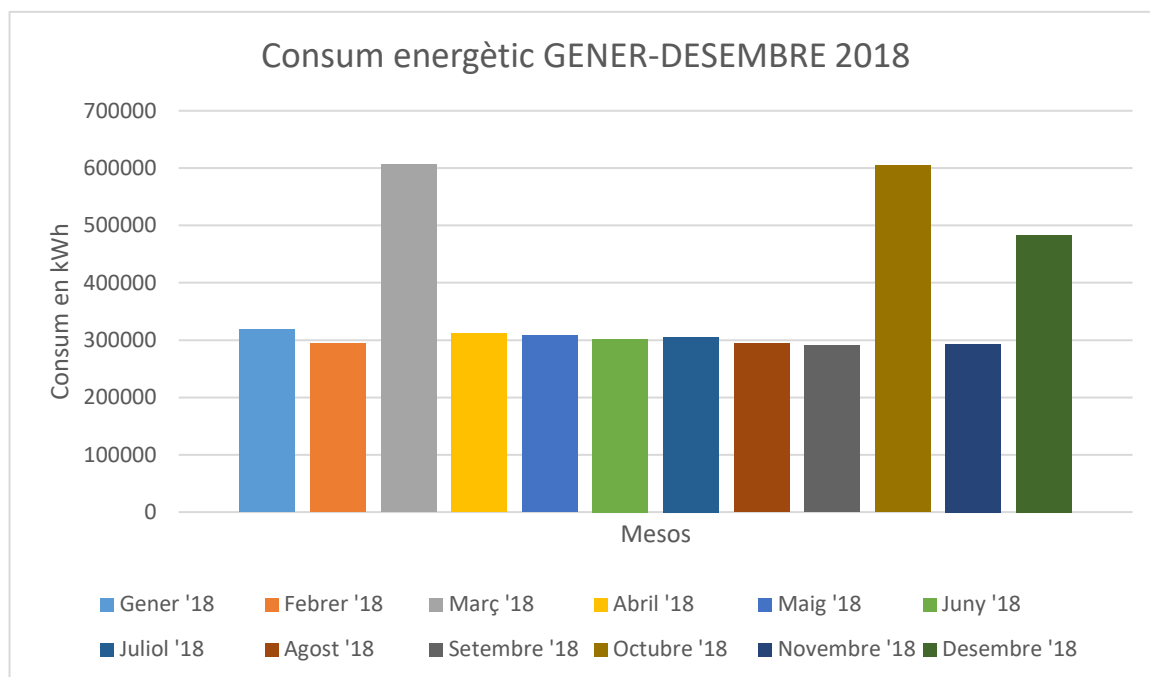
energia. A més a més, dins de les energies no renovables, el gas natural produeix molts gasos defecte hivernacle, un dels grans enemics per la sostenibilitat del nostre planeta. A tot això, també es pot afegir altres punts en contra com que no és fàcil d'emmagatzemar amb facilitat i cal comprimir-lo per poder-ho realitzar. Finalment, i des d'un punt de vista de capacitat energètica del nostre país i per tant d'autosuficiència d'energia, cal dir que al territori nacional no hi ha existència de jaciments de gas natural, el que provoca una dependència total d'altres països. Això provoca una incertesa energètica davant de possibles escenaris de tall de subministrament o altres factors que puguin alterar l'accés per part dels usuaris al gas natural.

5.2. CONSUM ENERGÈTIC ACTUAL

En aquest apartat del projecte es mostrarà les dades de consum de gas actual en unitats d'energia. Les dades mostrades són del mateix període de temps que les dades que s'han considerat per saber la producció de pinso de la fàbrica, és a dir, del Gener del 2018 fins el Desembre del mateix any, un període suficientment extens com per poder fer una valoració prou acurada i encertada.

MES	CONSUM (kWh)
<i>GENER 2018</i>	318.340
<i>FEBRER 2018</i>	294.518
<i>MARÇ 2018</i>	605.656
<i>ABRIL 2018</i>	311.875
<i>MAIG 2018</i>	308.073
<i>JUNY 2018</i>	301.937
<i>JULIOL 2018</i>	305.340
<i>AGOST 2018</i>	294.364
<i>SETEMBRE 2018</i>	290.454
<i>OCTUBRE 2018</i>	604.278
<i>NOVEMBRE 2018</i>	292.973
<i>DESEMBRE 2018</i>	483.309

Taula 5.1: Consum energètic (Font: Eva Galceran)



Gràfic 5.1: Consum energètic (Font: Eva Galceran)

En el gràfic podem observar un consum més o menys estable al llarg de l'any exceptuant els mesos de Març, Octubre i Desembre on tenim 3 pics de consum molt marcats. Podríem dir que no van directament relacionats amb la producció de quilos de pinso observant els gràfics de producció, ja que el novembre que és el mes de més producció té un consum molt pròxim a la mitjana de la resta de mesos, excloent els mesos dels pics de consum. El motiu d'aquest fet podria ser perquè aquests tres mesos, en especial el Març i l'Octubre, mesos encara molt freds a la zona que ens trobem, no estava en funcionament l'intercanviador de calor de fums i hi havia una caldera exclusiva per la calefacció de les oficines de la fàbrica. En el cas del mes de desembre no va estar en funcionament durant 12 dies, però la resta sí.

5.2.1. CÀLCULS DE CONSUM ENERGÈTIC

A continuació hi haurà un breu resum de diferents càlculs que serveixen per tenir valors concrets sobre els quals treballar. Analitzarem el total de kWh consumits al llarg de l'any, la mitjana de consum de kWh mensual, la mitjana de consum diària a cada mes, el cost mensual kWh/kg i el cost mitjà kWh/kg.

- TOTAL kWh CONSUMITS PERÍODE GENER-DESEMBRE 2018:

$$\text{Total kWh període Gener - Desembre} = \sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits}$$

$$\sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits} = 4.411.117 \text{ kWh}$$

- **MITJANA DE CONSUM MENSUAL:**

$$\text{Mitjana mensual} = \frac{\text{Total kWh període gener – desembre 2018}}{\text{Total mesos}}$$

$$\text{Mitjana mensual} = \frac{4.411.117}{12} = 367.593 \text{ kWh}$$

- **MITJANA DE CONSUM DIÀRIA ANUAL:**

$$\text{Mitjana diària anual} = \frac{\text{Total kWh període gener – desembre 2018}}{\text{Total dies}}$$

$$\text{Mitjana diària} = \frac{4.411.117}{365} = 12.085,25 \text{ kWh}$$

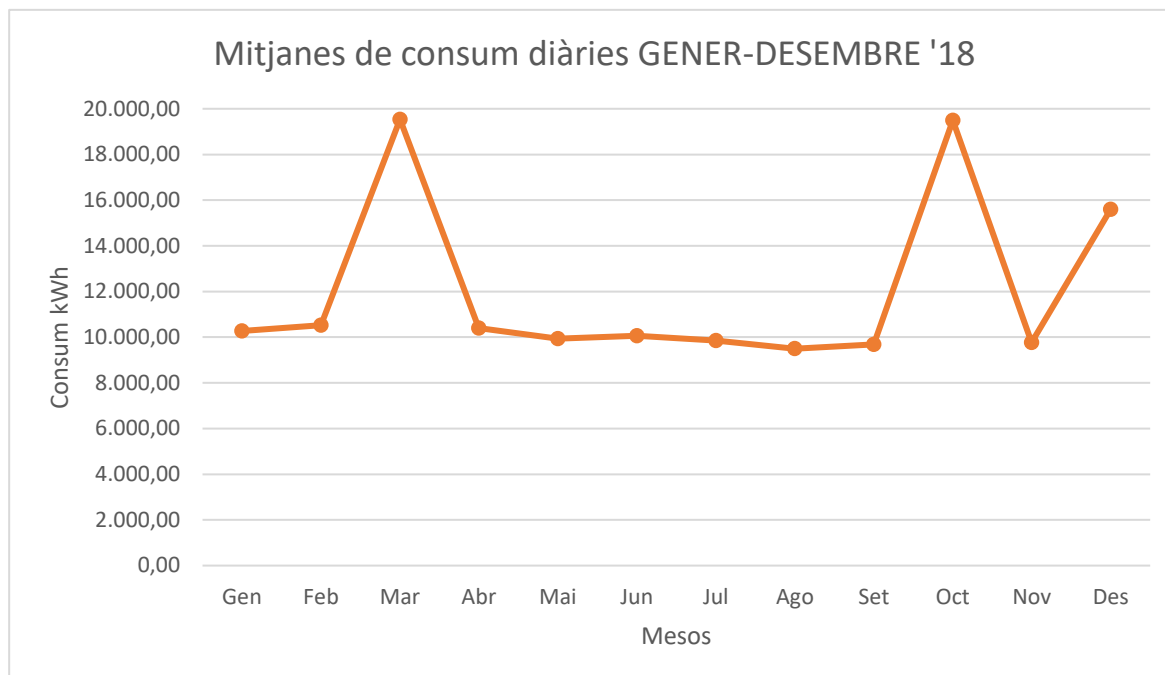
- **MITJANA DE CONSUM DIÀRIA MENSUAL:**

$$\text{Mitjana diària mes} = \frac{\text{Total kWh mes}}{\text{Total dies mes}}$$

$$\text{Mitjana diària Gener} = \frac{318.340}{31} = 10.269,03 \text{ kWh}$$

MES	kWh
GENER 2018	10.269,03
FEBRER 2018	10.518,5
MARÇ 2018	19.537,29
ABRIL 2018	10.395,83
MAIG 2018	9.937,84
JUNY 2018	10.064,57
JULIOL 2018	9.849,68
AGOST 2018	9.495,61
SETEMBRE 2018	9.681,8
OCTUBRE 2018	19.492,84
NOVEMBRE 2018	9.765,77
DESEMBRE 2018	15.590,61

Taula 5.2: Consum energètic mitjà(Font: Pròpia)



Gràfic 5.2: Consum mitjà diari energètic (Font: Pròpia)

- **kWh NECESSARIS PER PROUDIR UN QUILO DE PINSO:**

Primer farem un estudi mitjà anual i seguidament en farem un de mensual per estudiar si la relació és equivalent per tots els mesos:

Quilos totals produïts Gener'18-Octubre'18: 161.302.000 kg

kWh consumits Gener'18-Octubre'18: 4.411.117 kWh

kWh necessaris per un kg de pinso anualment

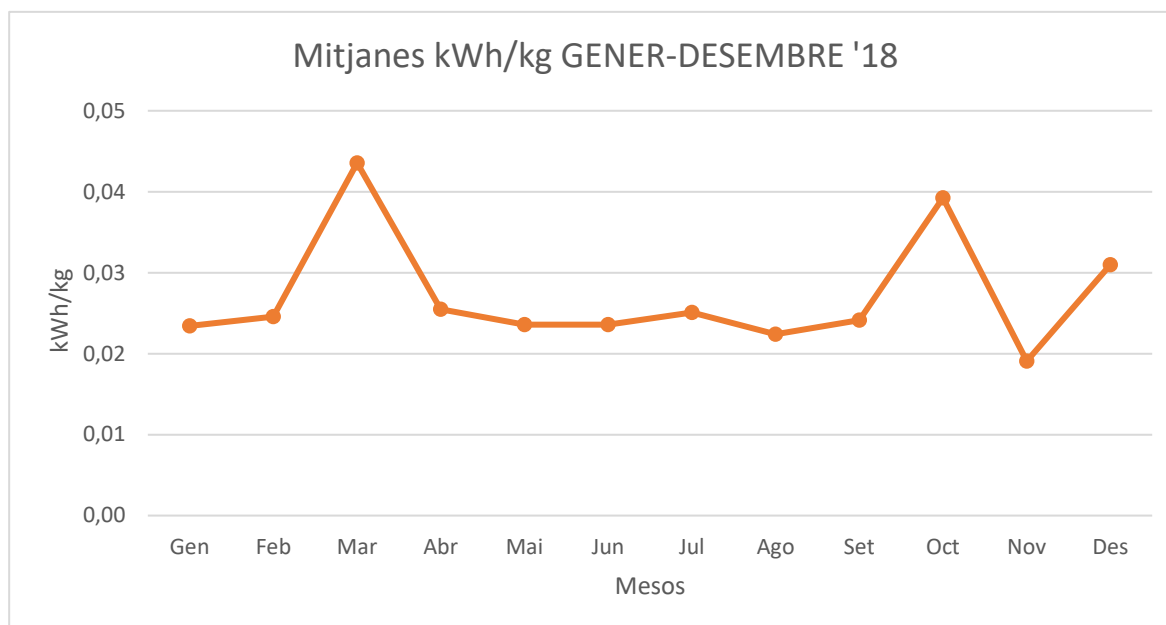
$$= \frac{\text{kWh totals Gen} - \text{Oct}'18}{\text{kg totals Gen} - \text{Oct}'18}$$

$$\begin{aligned} \text{kWh necessaris per un kg de pinso anualment} &= \frac{4.411.117}{161.302.000} \\ &= 0,0273 \text{ kWh/kg} \end{aligned}$$

$$\text{Mitjana Gener} = \frac{318.340}{13.600.000} = 0,02341 \text{ kWh/kg}$$

MES	KWh/KG
GENER 2018	0,02341
FEBRER 2018	0,02459
MARÇ 2018	0,04356
ABRIL 2018	0,02547
MAIG 2018	0,02359
JUNY 2018	0,02358
JULIOL 2018	0,02507
AGOST 2018	0,02238
SETEMBRE 2018	0,02414
OCTUBRE 2018	0,03925
NOVEMBRE 2018	0,01908
DESEMBRE 2018	0,03097

Taula 5.3: kWh necessaris per kg de pinso (Font: Pròpia)



Gràfic 5.3: Mitjanes mensuals kWh/kg (**Font:** Pròpia)

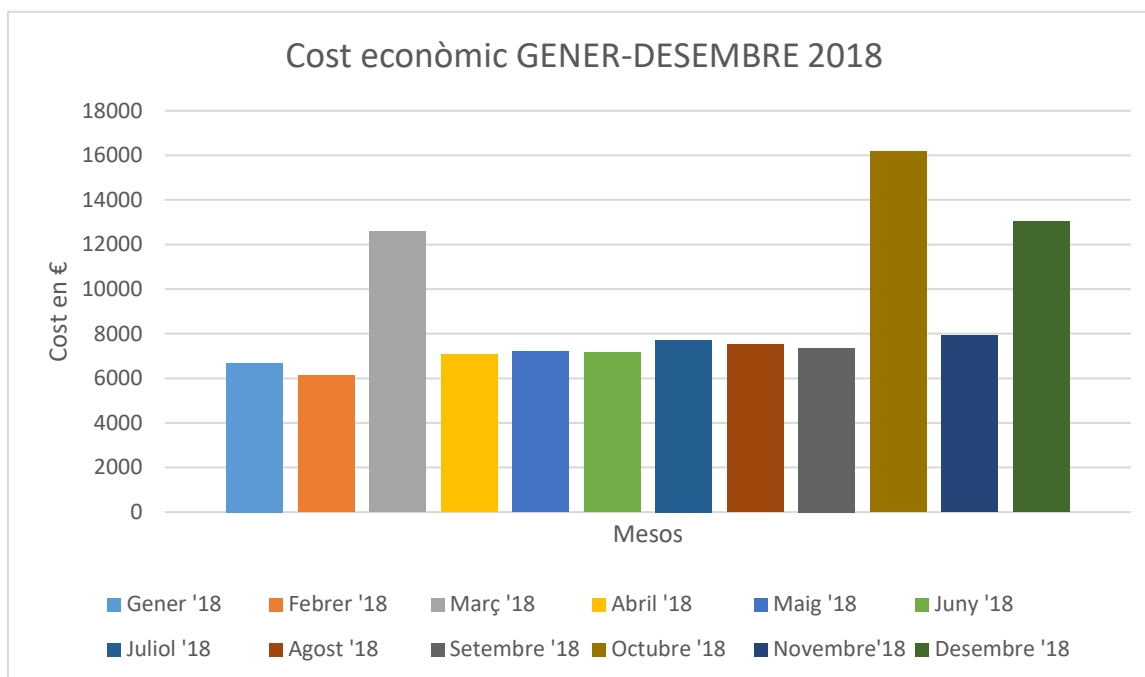
5.3. COST ECONÒMIC ACTUAL

En aquest punt recollirem les dades del cost econòmic actual amb el tipus d'energia actual utilitzat, el gas natural liquat. El període, com en el cas de les dades de producció de pinso i consum energètic, serà del any 2018.

Al final hi haurà els càlculs adients per saber el preu que costa produir un quilo de pinso amb l'energia no renovable del gas.

MES	COST UNITARI(€/kWh)	COST (€)
GENER 2018	0,02100271	6.686
FEBRER 2018	0,02078077	6.120,31
MARÇ 2018	0,02079900	12.597,04
ABRIL 2018	0,02262477	7.056,1
MAIG 2018	0,02340799	7.211,37
JUNY 2018	0,02366424	7.145,11
JULIOL 2018	0,02527251	7.716,71
AGOST 2018	0,02553671	7.517,09
SETEMBRE 2018	0,02531774	7.353,64
OCTUBRE 2018	0,02674611	16.162,09
NOVEMBRE 2018	0,02700026	7.910,35
DESEMBRE 2018	0,02696150	13.030,74

Taula 5.4: Cost econòmic (Font: Eva Galceran)



Gràfic 5.4: Cost econòmic (Font: Eva Galceran)

Com és lògic en aquest gràfic comprovem que els pics de costos es donen en els tres mesos, Març, Octubre i Desembre, on el consum de kWh és més elevat.

A continuació hi haurà un breu resum de diferents càlculs que serveixen per tenir valors concrets sobre els quals treballar:

- **TOTAL COST ECONÒMIC (€) PERÍODE GENER-OCTUBRE 2018:**

$$\text{Total € període Gener – Octubre} = \sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{€ totals}$$

$$\sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{€ totals} = 106.506,55 \text{ €}$$

- **MITJANA DE COST MENSUAL:**

$$\text{Mitjana mensual} = \frac{\text{Total € període gener – octubre 2018}}{\text{Total mesos}}$$

$$\text{Mitjana mensual} = \frac{106.506,55}{12} = 8.875,55 \text{ €}$$

- **MITJANA DE COST DIÀRIA ANUAL:**

$$\text{Mitjana diària} = \frac{\text{Total € ANY 2018}}{\text{Total dies}}$$

$$\text{Mitjana diària} = \frac{106.506,55}{365} = 291,80 \text{ €}$$

- **MITJANA DE COST DIÀRIA MENSUAL:**

$$\text{Mitjana diària mes} = \frac{\text{Total € mes}}{\text{Total dies}}$$

$$\text{Mitjana diària Gener} = \frac{6.686}{31} = 215,68 \text{ €}$$

MES	€
GENER 2018	215,68
FEBRER 2018	218,58
MARÇ 2018	406,36
ABRIL 2018	235,20
MAIG 2018	232,62
JUNY 2018	238,17
JULIOL 2018	248,93
AGOST 2018	242,49
SETEMBRE 2018	245,12
OCTUBRE 2018	521,36
NOVEMBRE 2018	263,68
DESEMBRE 2018	420,35

Taula 5.5: Mitjana de cost diari mensual (Font: Pròpia)

- **€ NECESSARIS PER PROUDIR UN QUILO DE PINSO:**

Primer calcularem la mitjana anual i després ficarem les mitjanes per cada mes:

Quilos totals produïts Gener'18-Octubre'18: 161.302.000 kg

€ consumits Gener'18-Octubre'18: 106.506,55 €

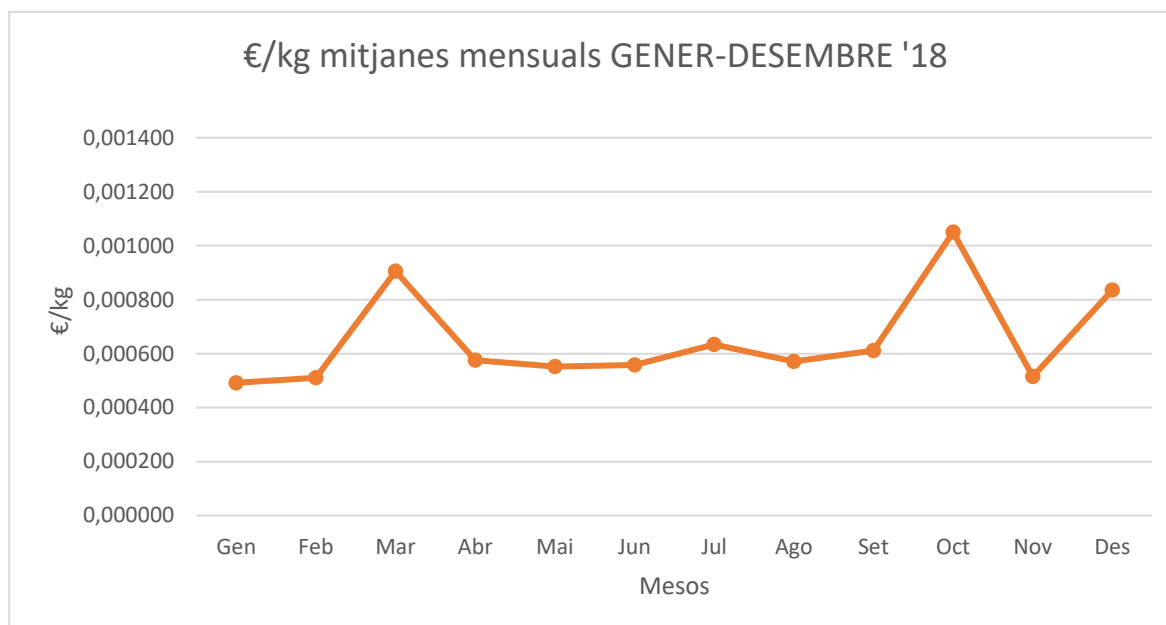
$$\text{€ necessaris per un kg de pinso anualment} = \frac{\text{€ totals Gen} - \text{Oct}'18}{\text{kg totals Gen} - \text{Oct}'18}$$

$$\frac{\text{€}}{\text{kg}} \text{ de pinso anulament} = \frac{106.506,55}{161.302.000} = 0,000660 \text{ €/kg}$$

$$\frac{\text{€}}{\text{kg}} \text{ de pinso Gener} = \frac{6.686}{13.600.000} = 0,000492 \text{ €/kg}$$

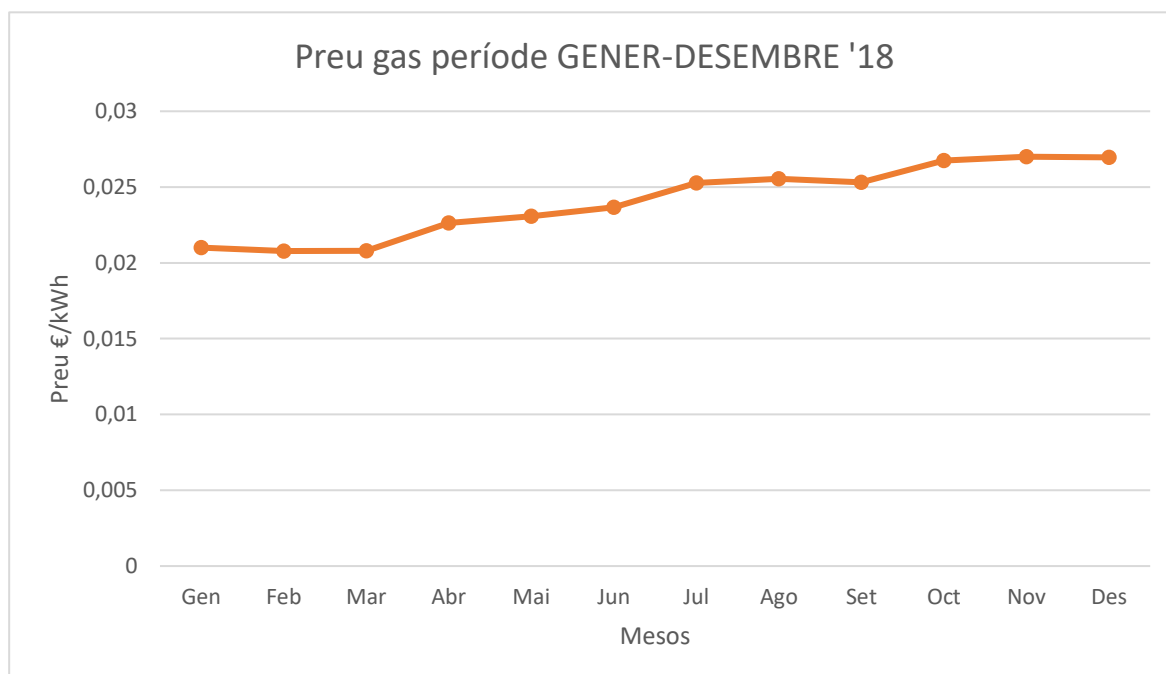
MES	€/KG
GENER 2018	0,000492
FEBRER 2018	0,000511
MARÇ 2018	0,000906
ABRIL 2018	0,000576
MAIG 2018	0,000552
JUNY 2018	0,000558
JULIOL 2018	0,000634
AGOST 2018	0,000571
SETEMBRE 2018	0,000611
OCTUBRE 2018	0,001050
NOVEMBRE 2018	0,000515
DESEMBRE 2018	0,000835

Taula 5.6: €/kg mitjana mensual (Font: Pròpia)



Gràfic 5.5: Mitjanes mensuals €/kg (Font: Pròpia)

En aquest apartat de cost econòmic cal fer un especial anàlisi a l'evolució del preu €/kWh, ja que és un preu variable cada mes, per contra del que podria ser un proveïment a preu pactat d'una energia renovable com la biomassa o sense preu de matèria prima com podria ser la termosolar. Per aquest motiu, seguidament tindrà lloc un anàlisi de la variabilitat del preu unitari del gas al llarg de l'any 2018:



Gràfic 5.6: Preu gas (Font: Eva Galceran)

Tal i com demostra el gràfic, el preu del gas al llarg del temps és molt variable, en aquest període de temps podem apreciar que el preu ha augmentat, degut a la inestabilitat política dels països productors. Això provoca que el preu del gas sigui una variable inestable, és a dir, suposa un cost que no es pot preveure amb màxima exactitud a llarg termini, i això és un factor desfavorable quan s'ha de fer la previsió econòmica de l'empresa. Seguidament ficarem en valors aquesta inestabilitat del preu:

- **VARIABILITAT DEL PREU DEL GAS (€/kWh):**

Preu màxim: 0,02700026 €/kWh

Preu mínim: 0,02078077 €/kWh

Increment respecte preu mínim: 29,92%

Tal i com podem comprovar amb els càlculs, la variabilitat del preu és molt gran. Partint del preu mínim d'aquests 12 mesos, que es dona al febrer, fins al preu màxim del mateix període, el preu per unitat d'energia (kWh) augmenta gairebé un 30%. És cert que estem parlant de valors petits, però una variabilitat així de gran és prou notòria com per considerar-la una variable inestable. Seria molt millor que com a mínim anualment pogués ser una variable estable. Degut a aquest fet podem veure mesos amb consum similars d'energia en kWh però amb preus de factures diferents. Per exemple podem comparar els mesos de Febrer i Agost, on podrem veure la influència de la variabilitat del preu i així donar-li la importància i rellevància que es mereix:

- **CONSUM ENERGÈTIC:**

FEBRER: 294.518 kWh

AGOST: 294.364 kWh

- **PREU DEL GAS:**

FEBRER: 0,02078077 €/kWh

AGOST: 0,02553671 €/kWh

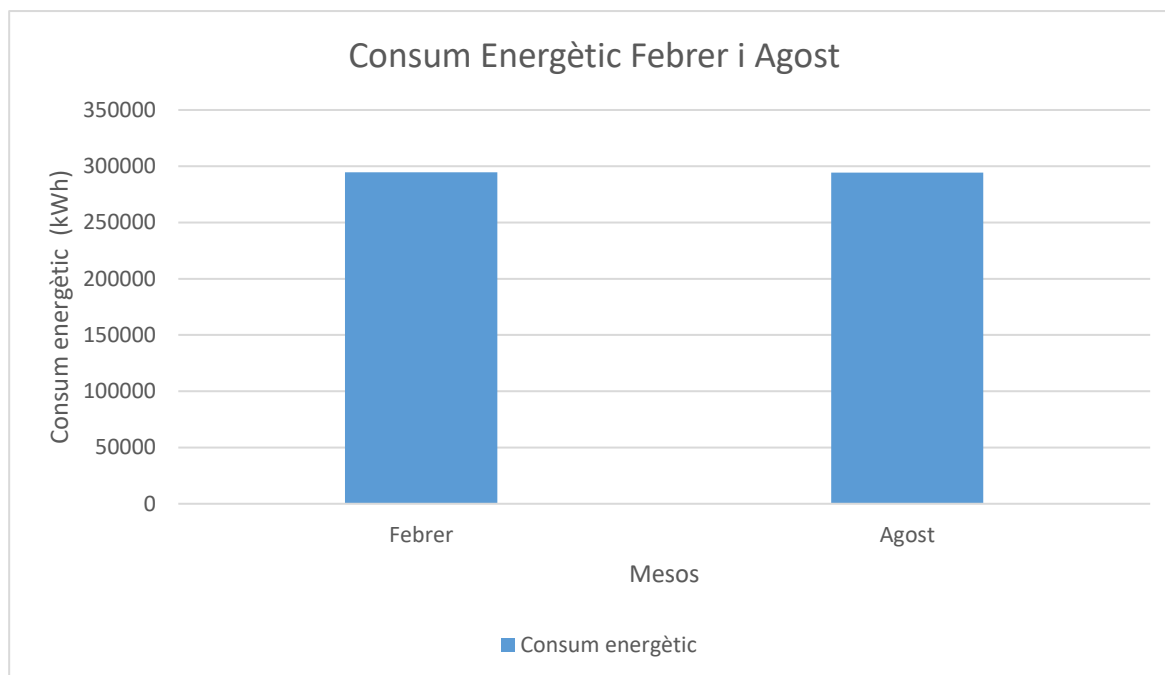
INCREMENT DEL PREU: 22,90%

- **COST ECONÒMIC DE L'ENERGIA:**

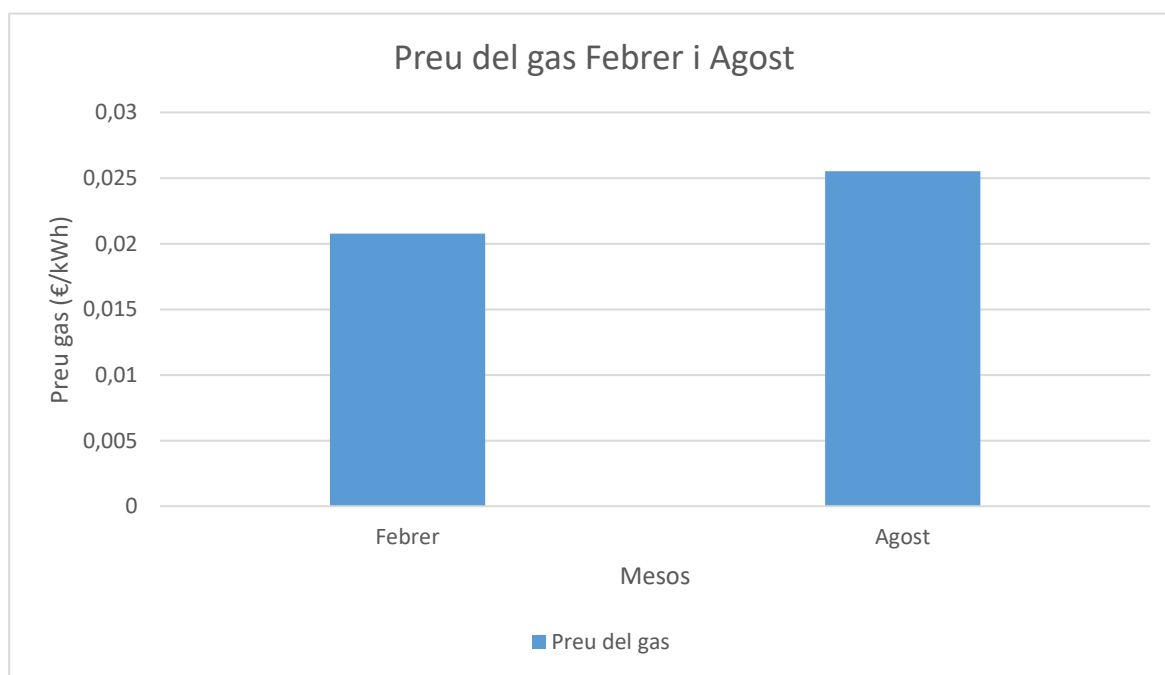
FEBRER: 6.120,31 €

AGOST: 7.517,09 €

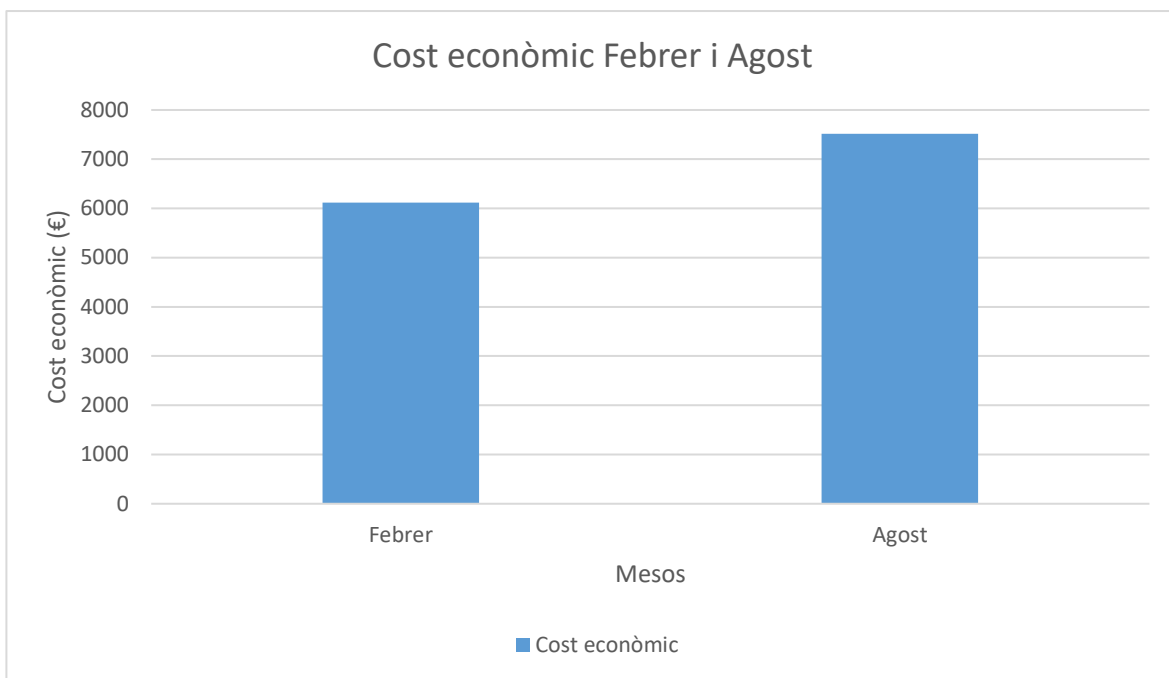
DIFERÈNCIA: 1.396,78 €



Gràfic 5.7: Comparativa consum energètic Febrer-Agost (**Font:** Eva Galceran)



Gràfic 5.8: Comparativa preu del gas Febrer-Agost (**Font:** Eva Galceran)

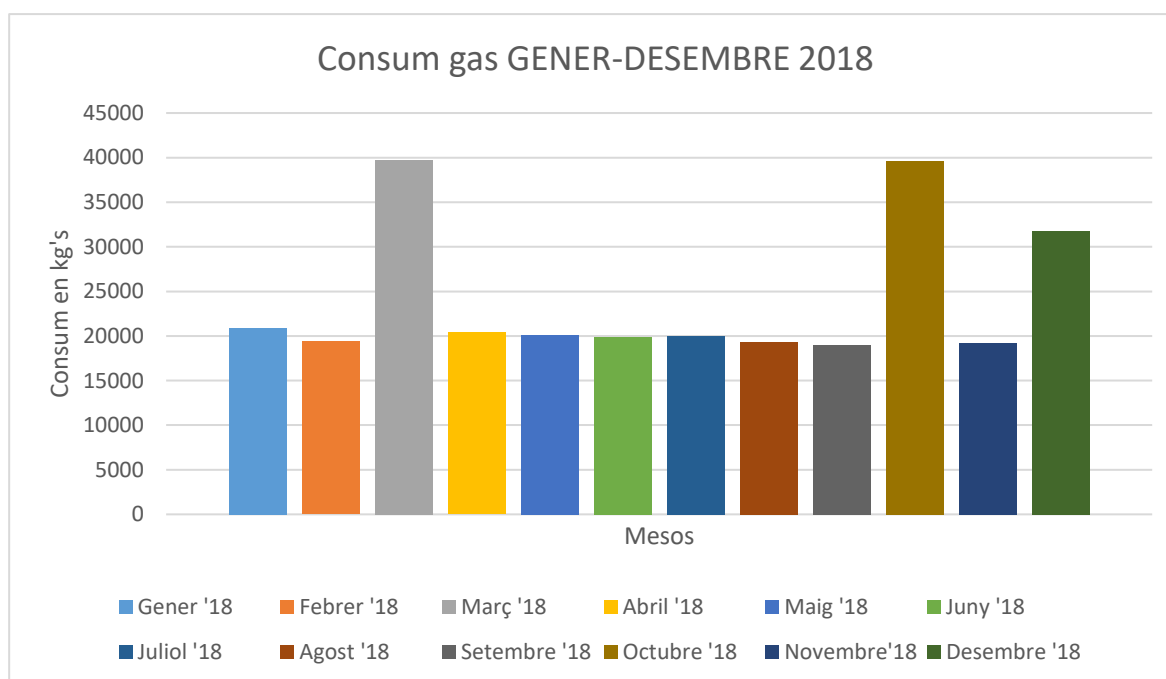


Gràfic 5.9: Comparativa cost econòmic Febrer-Agost (Font: Pròpia)

En aquesta comparació observem entre dos mesos on el consum ha estat similar (154 kWh més elevat al Febrer, que acaba resultant el quin té un cost econòmic més baix), la influència de la variabilitat del preu (En aquest cas només és d'un increment del 22,9%, que com hem vist durant aquest període de temps ha arribat a haver-hi una diferència del 29,92%) produeix una diferència econòmica de 1.396,78€.

5.4. CONSUM DE GAS

En aquest apartat ficarem els valors de consum de quilos de gas de la fàbrica de pinso per obtenir els kWh necessaris per la producció de pinso. D'aquesta manera sabrem exactament el poder calorífic, expressat en kWh/kg, del gas que consumeix la Cooperativa d'Artesa. Aquestes dades ajudaran, juntament amb les dades de poder calorífic de les alternatives energètiques i també les dades de consum energètic ja estudiades en apartats anteriors, a saber quina quantitat de quilos faria falta d'aquestes altres opcions energètiques.



Gràfic 5.10: Consum de gas (Font: Eva Galceran)

$$Total\ kg's\ període\ Gener - Desembre = \sum_{Desembre}^{Gener} kg's\ consumits$$

$$Total\ kg's\ període\ Gener - Desembre = 289.340\ kg$$

$$Mitjana\ PCI\ anual = \frac{kWh\ totals\ 2018}{kg\ gas\ totals\ 2018}$$

$$Mitjana\ PCI\ anual = \frac{4.411.117}{289.340} = 15,25\ kWh/Kg$$

Tal com podem veure, el PCI del gas natural que consumeix la Cooperativa està per sobre de la mitjana marcada del PCI de gas natural, és a dir, és de bona qualitat.

5.5. DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ

Seguidament mostraré les dades i paràmetres de funcionament de la caldera de gas instal·lada actualment i que són necessaris per saber les condicions de treball. També explicaré breument el circuit que segueix l'aigua-vapor al llarg de la producció de pinso dins la fàbrica, així com les parts més genèriques que formen aquest circuit.

5.5.1. CARACTERÍSTIQUES DE LA CALDERA

La caldera instal·lada actualment té les següents característiques:

- *Producció de vapor:* 2.500 kg/h
- *Potència tèrmica útil màxima:* 6.874.080.8328 KJ/h
- *Pressió de disseny:* 14,0 bar
- *Temperatura de disseny:* 198,2 °C
- *Pressió timbre vàlvula de seguretat:* 14 bar
- *Pressió de treball:* 12 bar
- *Volum total:* 3,13 m³
- *Volum nivell mig:* 1,88 m³
- *Volum càmera de vapor:* 1,24 m³
- *Altura de la càmera de vapor:* 468 mm
- *Superfície de calefacció:* 47,92 m²
- *Superfície vaporització:* 3,74 m²
- *Rendiment:* 90%
- *Classe per la instal·lació a Espanya:* Segona (PmsxVT>15000) 14x3,13=43820
- *Pressió màxima per a classe primera:* 4,8 bar
- *Sobrepessió:* 70 mmmca
- *Tipus de combustible:* Gas Natural
- *Consum de gas natural (aigua 103 °C, 9500 kcal/Nm³):* 165 Nm³/h
- *Diàmetre xemeneia:* 400 mm
- *Longitud total amb cremador:* 4.400 mm
- *Longitud sense cremador:* 3.400 mm
- *Amplada amb accessoris:* 2.400 mm
- *Altura amb accessoris:* 2.600 mm
- *Pes de transport:* 6 Tn
- *Codi de disseny:* TRD
- *Certificació de conformitat:* 97/23/CE
- *Categoria:* IV

- Mòdul: H1
- Certificació qualitat fabricant: ISO-9001 BUREAU VERITAS



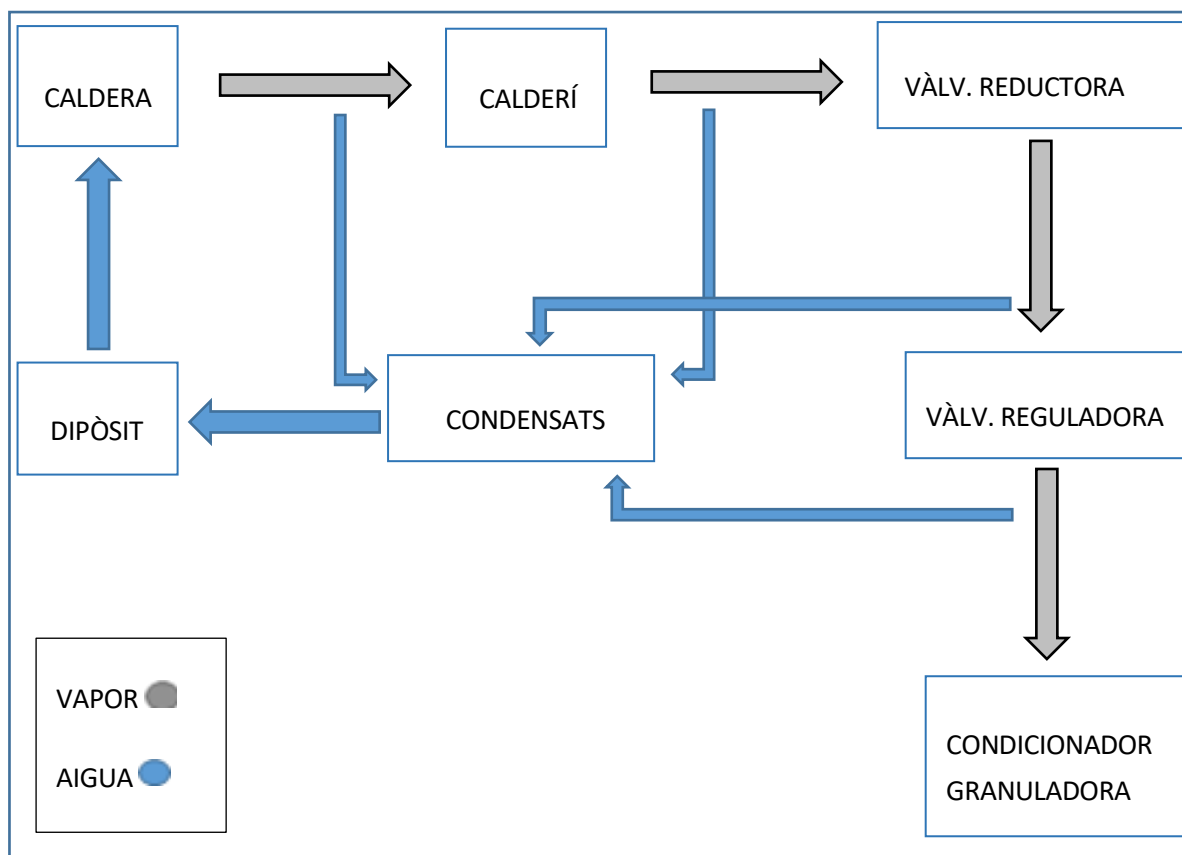
Imatge 5.1: Caldera de gas actual (Font: Pròpia)

5.5.2. PARÀMETRES DE TREBALL DEL VAPOR

En aquest punt comentaré els paràmetres de treball del vapor dins la fàbrica:

- *Temperatura aigua freda entrada a dipòsit: 7-20°C (Depèn del mes de l'any)*
- *Pressió vapor sortida caldera: 8-10 bar*
- *Temperatura del vapor a sortida caldera: 170-180°C*
- *Pressió vapor entrada calderí: 8-10 bar*
- *Temperatura vapor entrada calderí: 170-180 °C*
- *Pressió vapor sortida calderí: 8-10 bar*
- *Temperatura vapor sortida calderí: 170-180°C*
- *Pressió entrada vàlvula reductora: 8-10 bar*
- *Temperatura entrada vàlvula reductora: 170-180°C*
- *Pressió sortida vàlvula reductora: 2,5-3 bar*
- *Temperatura sortida vàlvula reductora: 130-135 °C*
- *Pressió sortida vàlvula reguladora: 0,2-0,4 bar*
- *Temperatura sortida vàlvula reguladora: 60-75°C*
- *Temperatura condensats: 80-90°C*

5.5.3. ESQUEMA DE LA INSTAL·LACIÓ



Esquema 5.1: Xarxa distribució i producció vapor

LLOC	TEMPERATURA (°C)	PRESSIÓ (bar)
CALDERA	170-180	8-10
CALDERÍ	170-180	8-10
SORTIDA VÀLV. REDUCT.	130-135	2,5-3
VÀLV. REGULAD.	60-75	0,2-0,4
CONDICIONADOR GRAN.	60-75	0,2-0,4
CONDENSATS	80-90	-
DIPÒSIT	50-60	-

En aquest apartat explicaré les parts que formen la instal·lació, així com les característiques usuals d'una xarxa de distribució de vapor i el funcionament que té.

Una instal·lació de vapor està composta, igual que qualsevol instal·lació d'un fluid, per canonades i accessoris d'aquestes. Tot i això, els canvis de fase en els que es basa la utilització d'aquesta tipologia de xarxes, fan necessari utilitzar determinats elements a la xarxa que són molt específics.

La pròpia naturalesa i comportament del vapor, fa que els elements constitutius de la xarxa tinguin que presentar unes característiques específiques amb relació amb el comportament davant la pressió i temperatura als quals han d'estar sotmesos. A més a més, han de presentar unes característiques determinades davant l'abració produïda pel vapor i a les altes velocitats a les quals treballen aquestes instal·lacions.

Hi ha dos factors que obliguen a la utilització d'accessoris específics a les xarxes de vapor:

- Presència d'aire
- Presència de condensats

La presència de l'aire barrejat amb el vapor no és una situació satisfactòria degut a la pèrdua d'eficiència. L'aire, a causa de la seva baixa calor específica i una transmissió tèrmica no massa bona, rebaixa normalment l'eficiència de l'intercanvi de vapor. Aquesta situació obliga a utilitzar separadors i purgadors d'aire a les xarxes de vapor que garanteixin l'absència d'aire barrejat amb el vapor. La incorporació d'aire a la xarxa és una situació bastant freqüent, degut als nombrosos refredaments que provoquen la contracció del fluid.

La presència de condensats és inherent al propi procés d'ús de vapor i es produeix quan el vapor entra amb contacte amb els punts freds del sistema, tant a nivell de canonades de distribució com dins el propi procés d'intercanvi de calor en els punts d'utilització.

La presència de condensats es produeix sobretot en moments d'arrencada i parada de la instal·lació. Quan s'arrenca la instal·lació i es dona pas al vapor cap a la xarxa, aquesta està freda i el vapor amb contacte amb les canonades es condensa mentrestant aquestes no estan a la temperatura de règim d'equilibri. Un cop estabilitzat el règim tèrmic a la xarxa de distribució, es segueix produint condensació degut a les pèrdues tèrmiques a les zones no aïllades o amb mal aïllament i fins i tot, tot i què amb uns valors molt més baixos, a les zones aïllades, donat que els aïllaments mai són del 100% perfectes.

La presència de condensats ha d'estar restringida al circuit de condensats i és indesitjable al circuit de vapor. Per aconseguir-ho s'utilitzen accessoris específics que bàsicament consisteixen en:

- Separadors de gotes

- Purgadors
- Eliminadors d'aire

El funcionament i esquema de la de xarxa de vapor de la fàbrica, seguint els paràmetres i valors de treball del vapor esmentats en el punt anterior, és el següent:

Dividirem la xarxa en tres parts: Sala de la caldera, Equip de distribució i Equip de condicionament final:

- Sala de la caldera: En aquesta sala hi trobem els primers elements essencials de qualsevol xarxa de vapor: el dipòsit de l'aigua d'alimentació i la caldera. El dipòsit de l'aigua d'alimentació de la caldera rep l'aigua tant de la xarxa municipal a temperatura ambient (7-20°C), com del circuit de retorn dels condensats de tota la xarxa de distribució de vapor a 80-90°C. Aquesta aigua és la utilitzada per produir vapor. L'aigua arriba a la caldera a uns 50-60°C, i gràcies al economitzador de la caldera, que utilitza la temperatura dels fums de sortida d'aquesta (120-140°C), és escalfada fins a uns 80-90°C. Dins la caldera l'aigua passa a vapor gràcies a l'energia aportada pel combustible. Aquest vapor surt de la caldera a una pressió d'entre 8-10 bar i una temperatura de 180°C. D'aquí ja passa cap a la xarxa de distribució.



Imatge 5.2: Dipòsit d'aigua (Font: Pròpia)

- Equip de distribució: Un cop el vapor surt de la caldera passa a l'equip de distribució, què són els conjunt de canonades que transporten el vapor produït fins a dins la fàbrica on es situa el calderí i d'aquest fins a les vàlvules reductores on comencen els equips de condicionament final de cada condicionador previ a la granulació. El vapor entra a l'equip de distribució amb les mateixes condicions que surt de la caldera, a 8-10 bar de pressió i 170-180°C de temperatura, i mitjançant les canonades arriba al calderí on és emmagatzemat esperant a ser utilitzat. Al calderí les condicions del vapor són les mateixes que a la sortida de la caldera. Quan es reclama la utilització del vapor perquè s'està condicionant farina per

esser granulada, el calderí envia el vapor cap a les vàlvules reductores de cada equip de condicionament final. Al llarg del equip de distribució és on es situen els elements típics, que he esmentat abans, d'una xarxa de canonades de distribució de vapor: els separadors de gotes, purgadors i eliminadors d'aire.



Imatge 5.3: Canonades i vàlvules de distribució
(Font: Pròpia)



Imatge 5.4: Calderí de vapor (Font: Pròpia)



Imatge 5.5: Element recuperació condensats (Font: Pròpia)

- Equip de condicionament final: Quan l'operari de fàbrica indica des de la sala de control que es necessita vapor per produir el pinso, el vapor emmagatzemat al calderí passa als equips de condicionament de cada línia de granulació de la fàbrica. El vapor surt del calderí a 8-10 bar i 170-180°C, i el primer element de l'equip de condicionament és una vàlvula reductora que fa baixar la pressió del vapor de 8-10 bar a 2,5-3 bar i el vapor passa a tenir una temperatura de 130-135°C. D'aquesta vàlvula reductora passa a la vàlvula reguladora, que és l'encarregada de regular l'entrada de vapor al condicionador de cada granuladora. La temperatura necessària del vapor per fabricar el pinso depèn de

cada tipologia d'aquest, però els valors oscil·len entre 60-75°C, per tant, la vàlvula reguladora injecta vapor al condicionador progressivament fins a aconseguir la temperatura desitjada, amb valors de pressió adequats per tenir vapor saturat a aquestes temperatures, entre 0,2-0,4 bar.



Imatge 5.6: Vàlvula recuperadora (Font: Pròpia)



Imatge 5.7: Vàlvula reguladora (Font: Pròpia)



Imatge 5.8: Injecció de vapor al condicionador (Font: Pròpia)

6. ALTERNATIVES ENERGÈTIQUES

A la font energètica actual, el gas natural, hi ha diverses alternatives. L'objectiu és aconseguir una fàbrica de pinso més respectuosa amb el medi ambient, és a dir que les energies proposades per substituir el gas seran energies renovables, respectuoses amb el nostre planeta. Aquest fet, a part de tots els factors positius per tota la natura que envolta, també suposarà un punt a tenir en compte per l'empresa ja que començarà a complir propòsits de baixes emissions que segurament molt aviat seran obligació per llei davant de l'amenaça d'aquestes envers la Terra.

Les alternatives plantejades són les següents: energia termosolar i energia de la biomassa. Les dos fonts d'energia són renovables, la termosolar aprofita l'energia provinent del sol i la biomassa la provinent de matèria primeres renovables de la natura. Primer de tot faré una petita introducció de cada una de les alternatives, explicant quin és el seu funcionament i els seus avantatges i desavantatges, ficant-ho també en situació del lloc on s'han d'utilitzar, per després poder escollir en quina de les dues es centrarà l'estudi.

6.1. ENERGIA TERMOSOLAR

Com bé indica el nom, aquesta energia aprofita l'energia del Sol. La seva idea de funcionament es basa en captar els rajos de llum solars i transformar-los en energia que es pugui utilitzar, en aquest cas, per escalfar aigua i produir vapor.

La tecnologia d'aquesta energia es basa en col·lectors de tubs de buit, que tenen un 35% menys de pèrdues que els col·lectors plans. Aquests col·lectors de buit acostumen a incorporar una placa inferior reflectant per sota del pla dels tubs, de manera que poden aprofitar la seva forma cilíndrica per absorbir l'energia que rep la placa. Generalment, aquest sistema de captació d'energia és més eficient en dies de núvols, freds o ventats, ja que la concentració i l'aïllament de la superfície captadora presenta avantatges sobre la major superfície captadora de captadors plans. Els tubs de buit estan constituïts a través d'un doble tub de vidre, on entre les seves parets es fa un buit de valors molt elevats, i el vidre interior sol estar tractat amb metall polvoritzat per augmentar l'absorció de la radiació solar. Les dimensions característiques del tubs poden ser 60 mm de diàmetre i 180 cm de llargada.

Aquesta tecnologia, tot i ser una bona opció en molts casos, en el cas que ens ocupa no presenta ser la millor opció energètica per substituir el gas natural, ja que les necessitats energètiques de la fàbrica requeririen una inversió molt elevada en la instal·lació de plaques solars i a més a més, les condicions climatològiques durant els mesos d'hivern, mesos de més producció de pinso tal i com hem vist, no són les més adients ja que és una zona amb molta presència de boira els mesos de desembre, gener i febrer, fet que dificultaria la resposta energètica necessària de les plaques solars.

6.2. ENERGIA BIOMASSA PELLET

Una de les opcions energètiques és la biomassa en forma de pellet, una energia molt utilitzada i comercialitzada avui en dia.

Aquest sistema energètic tindria bàsicament el mateix esquema de funcionament que el sistema actual, ja que també utilitza una caldera i els seus accessoris pertinents per poder tenir una instal·lació productiva, l'únic que canviaria seria el tipus de caldera, que hauria de ser especial per biomassa en pellet i òbviament la matèria utilitzada per obtenir potència calorífica, que seria el pellet.

El pellet de biomassa és un conglomerat cilíndric de diferents tipus de residus de matèries primeres, normalment residus forestals, que serà el tipus de pellet sobre el qual farem l'estudi econòmic de viabilitat, perquè ens trobem a una zona amb una massa forestal abundant, i considero que és molt important el bon manteniment, neteja i renovació d'aquesta, fet que faria que hi hagués la producció de la matèria per elaborar el pellet dins la mateixa zona on es situa la fàbrica. Això també ajudaria a donar un valor afegit a la zona rural a la qual estem situats en aquest estudi, tot i que la fabricació del pellet no es podria fer dins aquesta mateixa zona d'acció per la inexistència d'una empresa dedicada a produir-ne.

El pellet de residu forestal està elaborat a partir de serrin sec d'aquest residu, sense cap additiu ja que s'utilitza la pròpia lignina que conté el serrin com a aglomerant, comprimint el serrin a alta pressió per formar el pellet, el que fa que els pellets tinguin una composició molt densa i dura, aconseguint d'aquesta forma un bon poder calorífic. Els valors de PCI dels pellets de fusta amb una humitat inferior al 15%, que és la òptima de treball, poden ser aproximats a 5,01 kWh/kg.

A continuació hi haurà l'estudi econòmic del pellet de fusta, començant per el càlcul de quilos necessaris i després calculant els costos.



Imatge 5.1: Pellets de fusta (Font: Pròpia)

6.2.1. NECESSITAT MÀSSICA DE PELLETS

Per poder fer el càlcul utilitzaré les dades de consum energètic en kWh actual, i utilitzant el PCI mitjà dels pellets de fusta amb una humitat inferior al 15%, que és de 5,01 kWh/kg.

Amb les dades obtingudes a l'apartat 4.2.1, puc posar un valor al consum anual de kWh:

$$- \text{Total kWh període Gener – Desembre} = \sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits}$$

$$\sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits} = 4.411.117 \text{ kWh}$$

Amb aquest valor i el valor del PCI del pellet puc obtenir la quantitat de quilos de pellets necessària per produir tots els kWh consumits per la fàbrica durant tot un any:

$$- \text{Total kg's pellets} = \frac{\sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits}}{\text{PCI}}$$

$$- \text{Total kg's pellets} = \frac{4.411.117}{5,01} = 880.462,475 \text{ kg}$$

6.2.2. ESTUDI ECONÒMIC PELLETS

Seguidament l'estudi econòmic de produir vapor mitjançant la font d'energia de biomassa en forma de pellet.

Per calcular-ho utilitzo la necessitat màssica de pellets, i el preu mig del pellet de fusta d'humitat inferior al 15% durant el 2018 a granel-volquet, ja que la fàbrica seria subministrada a granel i no en formats de sac degut a les seves conegudes dimensions.

$$- \text{Total massa pellets: } 880.462,475 \text{ kg} = 880,462475 \text{ Tn}$$

$$- \text{Preu mig pellet 2018: } 187 \text{ €/Tn (Font: Associació Espanyola de Valorització Energètica de la Biomassa)}$$

$$- \text{Cost Econòmic} = \text{Total massa pellet} \cdot \text{Preu mig pellet 2018}$$

$$- \text{Cost Econòmic} = 880,462475 \text{ Tn} \cdot 187 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} = 164.646,48 \text{ €}$$

$$- \text{Preu pellet} \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = \frac{\text{Cost Econòmic}}{\text{kWh necessaris}}$$

$$- \text{Preu pellet } \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = \frac{164.646,48\text{€}}{4.411.117 \text{ kWh}} = 0,037325 \text{ €/kWh}$$

6.2.3. ANÀLISIS FINAL BIOMASSA PELLET

Per realitzar un bon anàlisi final cal comparar els valors obtinguts amb el pellet, amb els valors que han resultat de l'estudi de la situació actual amb l'energia del gas natural. Els valors a comparar seran els de necessitats màssiques i tot els econòmics, per d'aquesta manera poder concloure si el pellet és una opció viable més enllà de la seva segura viabilitat mediambientalment parlant.

Comparant el valor obtingut de quilos necessaris de pellets per aconseguir tots els kWh necessaris per produir tot el pinso necessari, amb el valor de quilos de gas necessaris per la mateixa funció, la comparativa és la següent:

- Necessitat màssica pellets: 880.462,475 kg
- Necessitat màssica gas: 289.340 kg
- Diferència: 591.122,475 kg

Es pot veure que la diferència de quilos és molt important, de més de mig milió, per tant, caldrà que el preu per unitat màssica del pellet sigui molt més econòmic que el del gas per poder ser competitiu. A nivells de logística organitzativa cal tenir en consideració que el fet de necessitar més quantitat màssica de pellets significarà que caldrà estar més atents a les comandes d'aquests. Això, però, no hauria de suposar ni un cost afegit ni una dificultat a tenir en compte.

A nivell econòmic la comparativa és la següent:

- Cost econòmic pellet: 164.646,48 €
- Preu pellet 2018 €/kWh: 0,037325 €/kWh
- Cost econòmic gas: 106.506,55 €
- Preu gas 2018 €/kWh: 0,024145 €/kWh

Un cop fet els càlculs i obtinguts els valors anteriors, es pot concloure fàcilment que el pellet no és una alternativa energètica que millori econòmicament la font d'energia actual. El fet de que el preu del pellet en €/kWh sigui superior al del gas natural, sumat a què es gasten més quilos de pellet per obtenir la mateixa quantitat d'energia, provoca que el cost anual final fabricant amb pellets sigui 58.139,93 € més car que fabricant en gas.

Amb aquests valors i aquest anàlisi es pot concloure que l'alternativa del pellet no és una opció competitiva en els preus del mercat actual. El pellet s'hauria de descartar com a opció si ens fixem en la part econòmica.

6.3. ENERGIA BIOMASSA ESTELLA

Aquest tipus d'energia prové majoritàriament del mateix lloc d'origen que els pellets, però canvia la seva forma de presentació.

Les estelles de fusta són trossos petits d'entre 5 i 100 mm de longitud, i la seva qualitat depèn fonamentalment de la matèria primera de la que procedeixen, del sistema de recollida i de la tecnologia que s'ha utilitzat per crear-les. Es tracta de fusta triturada que no conté cap tipus d'additiu. Per la seva producció es necessita una màquina d'estellament i la pròpia matèria prima que normalment procedeix dels boscos o arbres no adequats per la fabricació de mobles.

En el cas del subministrament d'estelles a indústries, aquest material acostuma a venir de les indústries de transformació de la fusta forestal o de tractaments agrícoles i forestals com podrien ser la poda o neteja de sotabosc. Aquest material acostuma a tenir una humitat d'entre el 30% i el 45%. Per subministrar les estelles al seu consumidor final s'utilitzen camions.

Per cremar les estelles i produir vapor s'utilitza unes calderes especials com en el cas dels pellets. El PCI aproximat de l'estella de fusta amb una humitat entre el 30%-45% és de 4,41 kWh/kg.

Seguidament mostraré l'estudi de viabilitat econòmica de la utilització d'estella enlloc de gas natural com a font energètica:



Imatge 5.2: Estelles de fusta (Font: Pròpia)

6.3.1. NECESSITAT MÀSSICA D'ESTELLES

Per poder fer el càlcul utilitzaré les dades de consum energètic en kWh actual, i utilitzant el PCI mitjà de l'estella de fusta amb una humitat entre el 30-45%, que és de 4,41 kWh/kg.

Amb les dades obtingudes a l'apartat 4.2.1, puc posar un valor al consum anual de kWh:

$$- \text{Total kWh període Gener – Desembre} = \sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits}$$

$$\sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits} = 4.411.117 \text{ kWh}$$

Amb aquest valor i el valor del PCI de l'estella puc obtenir la quantitat de quilos d'estella necessària per produir tots els kWh consumits per la fàbrica durant tot un any:

$$- \text{Total kg's estella} = \frac{\sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits}}{\text{PCI}}$$

$$- \text{Total kg's estella} = \frac{4.411.117}{4,41} = 1.000.253,29 \text{ kg}$$

6.3.2. ESTUDI ECONÒMIC ESTELLA

Seguidament l'estudi econòmic de produir vapor mitjançant la font d'energia de biomassa en forma d'estella.

Per calcular-ho utilitzo la necessitat màssica d'estella, i el preu mig de l'estella de fusta d'humitat entre el 30-45% durant el 2018:

- Total massa estella: 1.000.253,29 kg = 1.000,25329 Tn
- Preu mig estella 2018: 90 €/Tn (**Font:** Associació Espanyola de Valorització Energètica de la Biomassa)

$$- \text{Cost Econòmic} = \text{Total massa estella} \cdot \text{Preu mig estella 2018}$$

$$- \text{Cost Econòmic} = 1.000,25329 \text{ Tn} \cdot 90 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} = 90.022,80 \text{ €}$$

$$- \text{Preu estella} \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = \frac{\text{Cost Econòmic}}{\text{kWh necessaris}}$$

$$- \text{Preu estella} \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = \frac{90.022,80\text{€}}{4.411.117 \text{ k Wh}} = 0,020408 \text{ €/kWh}$$

6.3.3. ANÀLISIS FINAL BIOMASSA ESTELLA

Per realitzar un bon anàlisi final cal comparar els valors obtinguts amb l'estella, amb els valors que han resultat de l'estudi de la situació actual amb l'energia del gas natural. Els valors a comparar seran els de necessitats màssiques i tot els econòmics, per d'aquesta manera poder concloure si l'estella és una opció viable més enllà de la seva segura viabilitat mediambientalment parlant.

Comparant el valor obtingut de quilos necessaris d'estella per aconseguir tots els kWh necessaris per produir tot el pinso necessari, amb el valor de quilos de gas necessaris per la mateixa funció, la comparativa és la següent:

- Necessitat màssica estella: 1.000.253,29 kg
- Necessitat màssica gas: 289.340 kg
- Diferència: 710.913,29 kg

Es pot veure que la diferència de quilos és molt important, de més de set-cents mil quilos, per tant, caldrà que el preu per unitat màssica de l'estella sigui molt més econòmica que el del gas per poder ser competitiva. A nivells de logística organitzativa cal tenir en consideració que el fet de necessitar més quantitat màssica significarà que caldrà estar més atents a les comandes d'aquesta. Això, però, no hauria de suposar ni un cost afegit ni una dificultat a tenir en compte.

A nivell econòmic la comparativa és la següent:

- Cost econòmic estella: 90.022,80 €
- Preu estella 2018 €/kWh: 0,020408 €/kWh
- Cost econòmic gas: 106.506,55 €
- Preu gas 2018 €/kWh: 0,024145 €/kWh

Un cop fet els càlculs i obtinguts els valors anteriors, es pot concloure que l'estella és una alternativa energètica que aporta un benefici econòmic en forma d'estalvi a l'empresa. És cert que la demanda màssica és molt superior a la del gas, però el fet de que el valor de mercat de l'estella és molt baix fa que tot i això sigui més rentable tenir com a font d'energia l'estella. L'estalvi calculat seria de 16.483,75 €.

Amb aquests calors i aquest anàlisi es pot concloure que l'alternativa de l'estella és una opció competitiva en els preus del mercat actual. Per tant, caldrà profunditzar en l'estudi de la instal·lació d'una caldera i la infraestructura necessària per produir vapor mitjançant estella.

6.4. ENERGIA BIOMASSA PALLA DE CEREAL

Aquest tipus d'energia prové dels residus de l'activitat cerealística agrària, és la tija i part vegetal un cop ja s'ha assecat la planta i s'ha recol·lectat el gra. El fet d'utilitzar aquesta energia donaria un valor afegit al sector agrícola de la zona al aprofitar els seus residus per produir un bé tant apreciat com l'energia.

La palla de cereal ve en format de les anomenades bales. Les bales són prismes rectangulars, que es realitzen amb una màquina agrícola anomenada embaladora, que s'enganxa al tractor. La palla per si sola té molt poca densitat tal i com la recol·lectadora la deixa al sòl, i l'embaladora té la funció de recollir-la del terra, acumular-la i premsar-la per realitzar les bales. L'embaladora aporta pressió a la palla i provoca que d'aquesta manera augmenti la seva densitat, fent que les bales puguin arribar a pesar uns 320 kg. Les característiques dimensionals de les bales són aproximadament uns 2,6 metres de llargada, l'alçada que pot oscil·lar entre 60-90 cm i l'amplada que pot estar entre 80-120 cm.

Per cremar palla i produir vapor s'hauria d'utilitzar unes calderes especials, que fins a dia d'avui no són al mercat però igualment cal estudiar la viabilitat d'aquesta font energètica per un futur no molt llunyà. El PCI aproximat de la palla, amb unes condicions del 10-15% d'humitat, és de 3,61 kWh/kg.

Seguidament mostraré l'estudi de viabilitat econòmica de la utilització de la palla de cereal enlloc de gas natural com a font energètica:



Imatge 5.3: Bales de palla (Font: Pròpia)

6.4.1. NECESSITAT MÀSSICA DE PALLA

Per poder fer el càlcul utilitzaré les dades de consum energètic en kWh actual, i utilitzant el PCI mitjà de la palla de cereal amb una humitat entre el 10-15%, que és de 3,61 kWh/kg.

Amb les dades obtingudes a l'apartat 4.2.1, puc posar un valor al consum anual de kWh:

$$- \text{Total kWh període Gener – Desembre} = \sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits}$$

$$\sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits} = 4.411.117 \text{ kWh}$$

Amb aquest valor i el valor del PCI de la palla puc obtenir la quantitat de quilos d'estella necessària per produir tots els kWh consumits per la fàbrica durant tot un any:

$$- \text{Total kg's palla} = \frac{\sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits}}{\text{PCI}}$$

$$- \text{Total kg's palla} = \frac{4.411.117}{3,61} = 1.221.916,07 \text{ kg}$$

6.4.2. ESTUDI ECONÒMIC PALLA

Seguidament l'estudi econòmic de produir vapor mitjançant la font d'energia de biomassa en forma de palla de cereal.

Per calcular-ho utilitzo la necessitat màssica de palla, i el preu mig de la palla de cereal d'humitat entre el 10-15% durant el 2018:

- Total massa palla: $1.221.916,07 \text{ kg} = 1.221,91607 \text{ Tn}$
- Preu mig palla 2018: 65 €/Tn (**Font:** Mercat Farratger de Vic)

$$- \text{Cost Econòmic} = \text{Total massa palla} \cdot \text{Preu mig palla 2018}$$

$$- \text{Cost Econòmic} = 1.221,91607 \text{ Tn} \cdot 65 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} = 79.424,54 \text{ €}$$

$$- \text{Preu palla} \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = \frac{\text{Cost Econòmic}}{\text{kWh necessaris}}$$

$$- \text{Preu palla} \frac{\text{€}}{\text{kWh}} = \frac{79.424,54 \text{ €}}{4.411.117 \text{ kWh}} = 0,018006 \text{ €/kWh}$$

6.4.3. ANÀLISIS FINAL BIOMASSA PALLA DE CEREAL

Per realitzar un bon anàlisi final cal comparar els valors obtinguts amb la palla de cereal, amb els valors que han resultat de l'estudi de la situació actual amb l'energia del gas natural. Els valors a comparar seran els de necessitats màssiques i tot els econòmics, per d'aquesta manera poder concloure si l'estella és una opció viable més enllà de la seva segura viabilitat mediambientalment parlant.

Comparant el valor obtingut de quilos necessaris de palla per aconseguir tots els kWh necessaris per produir tot el pinso necessari, amb el valor de quilos de gas necessaris per la mateixa funció, la comparativa és la següent:

- Necessitat màssica palla: 1.221.916,07 kg
- Necessitat màssica gas: 289.340 kg
- Diferència: 932.576,07 kg

Es pot veure que la diferència de quilos és molt important, de més de nou-cents mil quilos, per tant, caldrà que el preu per unitat màssica de la palla sigui molt més econòmic que el del gas per poder ser competitiva. A nivells de logística organitzativa cal tenir en consideració que el fet de necessitar més quantitat màssica significarà que caldrà estar més atents a les comandes d'aquesta. Això, però, no hauria de suposar ni un cost afegit ni una dificultat a tenir en compte.

A nivell econòmic la comparativa és la següent:

- Cost econòmic palla: 79.424,54 €
- Preu palla 2018 €/kWh: 0,018006 €/kWh
- Cost econòmic gas: 106.506,55 €
- Preu gas 2018 €/kWh: 0,024145 €/kWh

Un cop fet els càlculs i obtinguts els valors anteriors, es pot concloure que la palla és una alternativa energètica que aporta un benefici econòmic en forma d'estalvi a l'empresa. És cert que la demanda màssica és molt superior a la del gas, però el fet de que el valor de mercat de la palla és molt baix fa que tot i això sigui més rentable tenir com a font d'energia la palla. L'estalvi calculat seria de 27.082,01 €.

Amb aquests valors i aquest anàlisi es pot concloure que l'alternativa de la palla és una opció competitiva en els preus del mercat actual. Per tant, caldrà profunditzar en l'estudi de la instal·lació d'una caldera i la infraestructura necessària per produir vapor mitjançant palla de cereal.

6.5. CONCLUSIONS DE LES ALTERNATIVES ENERGÈTIQUES

Un cop estudiades les tres opcions d'alternatives energètiques al gas natural, es pot fer un anàlisi que permeti escollir quina de les tres fonts d'energia serà l'estudiada per realitzar l'estudi de viabilitat econòmica. L'escollida serà la què en conjunt tingui més avantatges i facilitats per realitzar el canvi energètic.

Clarament, vist els tres estudis específics per cada matèria de biomassa, es pot dir que l'opció del pellet no es pot tenir en compte des de cap aspecte. Es necessita més quantitat massica que el gas, és a dir, una gestió més complicada del subministrament i emmagatzematge, però a més a més, econòmicament no surt rentable, es una alternativa que no suposaria cap benefici econòmic, és més, suposaria un cost més elevat que el gas natural. Per aquests motius es descarta automàticament l'opció dels pellets, tot i què és cert que tecnològicament l'operació es podria fer, ja què ja hi ha en funcionament més d'una caldera de producció de vapor que utilitza els pellets com a font energètica.

De les altres dues opcions, la biomassa d'estella i la palla de cereal, són totes dues dos alternatives que necessiten més capacitat de subministrament i emmagatzematge que el gas natural i que el pellet, de les dues la què més capacitat massica requereix és la palla de cereal, però econòmicament totes dues representen un benefici econòmic vers el gas natural per la fàbrica de la Cooperativa d'Artesa, ja què suposen un estalvi econòmic anual molt significatiu. De les dues, la que representa més estalvi econòmic, és a dir, la que és menys costosa com a font d'energia, és la palla de cereal. La palla de cereal representa un estalvi d'uns 27.000€ anuals i l'estella d'uns 16.500€ anuals. Són valors molt elevats com per tenir-los en compte per realitzar l'estudi de viabilitat de fer el canvi de gas natural a una de les dues fonts.

Tot i què la palla de cereal té un cost d'uns 10.000€ menys què l'estella, parlo de les dos conjuntament per un tema tecnològic. Actualment la producció de vapor mitjançant palla de cereal no està molt instaurada a nivell industrial, només algunes indústries més aviat experimentals estan utilitzant aquesta font d'energia, com per exemple la central elèctrica situada a Sangüesa, Navarra. Aquest fet em provoca un punt d'inseguretat el qual m'indica, que per una fàbrica on es vol un resultat immediat i no es pot fer una prova experimental perquè les característiques de l'empresa actualment no ho permeten, que el més adient seria apostar per una tecnologia més establerta i més coneguda, perquè davant possibles anomalies o imprevistos hi hauria més capacitat de rectificació i més experiència dins el sector especialitzat en la construcció de calderes.

Tot i això, l'estudi de viabilitat econòmica el realitzaré de les dues tecnologies, i escolliré finalment la quina surti realment més rentable i amortitzable.

7. ESTUDI D'IMPLANTACIÓ COM A FONT D'ENERGIA LA BIOMASSA EN FORMA D'ESTELLA

Un cop escollides les alternatives energètiques a estudiar, cal profunditzar en la seva implantació. En aquest apartat es veurà la infraestructura necessària per tenir com a font d'energia l'estella i el cost econòmic dels canvis més destacats que serien necessaris per poder-ho dur a terme.

7.1. INFRAESTRUCTURA NECESSÀRIA

7.1.1. ZONA D'ARRIBADA DELS MITJANS DE SUBMINISTRAMENT

Per fer el canvi de gas natural a biomassa en forma d'estella, un dels canvis més importants és la creació de la zona de descarrega de l'estella, és a dir, la zona d'arribada del subministrament energètic. L'estella serà transportada fins la fàbrica mitjançant camions, per tant, es necessita una zona accessible per aquest tipus de transport, és a dir, una zona àmplia on hi hagi facilitats per maniobrar amb maquinària de grans dimensions. Aquesta zona, per facilitar la logística de l'operació de subministrament, ha de ser pròxima a la caldera de biomassa, la qual serà situada al mateix lloc on ara hi ha la caldera de gas o pròxima a aquest espai per facilitar l'aprofitament de la xarxa de distribució de vapor actual i minimitzar al màxim qualsevol modificació que s'hagi de realitzar. També és important evitar que els camions de subministrament d'estella hagin de passar per zones de la fàbrica on hi ha les activitats principals d'aquesta, com podrien ser les zones dels magatzems de gra o la zona de càrrega de camions, per així evitar que interfereixin en l'activitat productiva de la fàbrica, evitant d'aquesta manera pèrdues de temps innecessàries i facilitant la feina als operaris.

Amb les condicions esmentades anteriorment, seguidament a la imatge, on es veu la situació de la fàbrica de producció de pinso, queda marcat quin és el lloc que compleix més condicions de les esmentades:

1. Entrada camions cereal (si van a bàscula, també els de biomassa)
2. Bàscula camions cereals (podria pesar camions biomassa)
3. Zona magatzems cereal
4. Bàscula camions de pinso
5. Entrada/Sortida camions de pinso
6. Entrada/Sortida camions de biomassa
7. Zona de descàrrega de la biomassa
8. Nucli de la fàbrica de producció de pinso
9. Sala de la caldera



Imatge 7.1: Mapa fàbrica Cooperativa d'Artesa de Segre (Font: Pròpia)

La logística que vol quedar plasmada en la imatge superior és la següent:

- El número 7 és la zona on s'ubicaria la zona de descàrrega de la biomassa, és on aniria la sitja d'emmagatzematge d'aquesta, ja que és una zona pròxima a la caldera, per tant la infraestructura necessària per alimentar la caldera seria de dimensions reduïdes, és una zona actualment en desús i sobretot una zona molt àmplia per què els camions puguin maniobrar amb espai i totes les facilitats possibles. A més a més, està lluny de les zones de tràfic de camions cerealístics i de transport de pinso, fet que evitaria que el subministrament de biomassa interferís en el funcionament diari i rutinari de la fàbrica. Un altre avantatge d'aquesta situació és la proximitat amb la carretera, i per tant sinònim d'una descàrrega ràpida.
- El número 1 indica l'entrada a la fàbrica per part dels camions que porten cereal per produir la farina per fer el pinso, mitjançant la qual podran accedir a la bàscula de pesatge que és el número 2. També podran passar per aquí alguns camions que transportin el subministrament de biomassa per ser pesats i servir com a

mostra de pesatge, tot i què ja vindran pesats de la fàbrica del proveïdor de l'estella. La idea és que la majoria d'aquests, passin per aquí, només algun per servir de mostra de capacitat de transport dels camions de biomassa, ja què tal i com s'esmenta, el número 3 és la zona per descarregar el cereal per fer farina als magatzems d'emmagatzematge d'aquest, i és molt interessant que per aquí només hi passin i hi operin camions cerealístics per no crear interferències i endarreriments en la productivitat de la fàbrica. En el cas dels camions de mostreig de biomassa que siguin pesats, passaran per aquí i donaran la volta per darrere els magatzems de cereal (tal i com la imatge mostra que es pot fer) per arribar a la zona de descarrega de la biomassa.

- El número 6 indica l'entrada pels camions que transportin la biomassa. Aquesta entrada és la que porta directament a la zona de descàrrega 7. Actualment aquesta entrada està en desús, per tant els camions de biomassa no molestarien a la resta de camions necessaris pel funcionament de la fàbrica.
- El número 5 seria l'entrada i sortida pels camions que venen a ser carregats del pinso produït a la fàbrica. El seu objectiu és anar a la zona número 4, la bàscula de pesatge de pinso, i aquesta seria l'entrada més ràpida i directa i que no interferiria en cap altre tràfic de camions. La proximitat amb la zona número 7 del trajecte a seguir per aquests camions és un fet, però l'espai és molt ampli i no hi haurà cap mena d'interferència de pas possible.

Pròxim a la zona 7, la zona que he pensat com a zona de descàrrega, actualment hi ha una benzinera en desús i un centre de desinfecció també en desús. Això s'hauria d'enderrocar per poder habilitar la zona de descarrega. També hi ha actualment el tanc d'emmagatzematge del gas natural, què també podria ser eliminat. L'altre element que es trobarà situat entre la caldera i la zona de descàrrega són les sitges que emmagatzemen productes per la producció de pinso com la melassa i altres.

En les imatges següents mostren el lloc on s'hauria de construir la zona de descàrrega i el que actualment hi podem trobar, així com les entrades des de la carretera cap a la fàbrica:



Imatge 7.2: Entrades (1 i 6) a la fàbrica (Font: Pròpia)



Imatge 7.3: Benzinera i Centre de Desinfecció en desús (Font: Pròpia)



Imatge 7.3: Espai on anirà la zona de descàrrega. Actualment infraestructures en desús i descampat (Font: Pròpia)

7.1.2. SITJA D'EMMAGATZEMATGE

Aquests camions de biomassa dipositaran l'estella en una sitja, situada a la zona de descàrrega explicada anteriorment, que estarà connectada amb la caldera per poder-la alimentar del combustible. La capacitat d'aquesta sitja ha de ser per com a mínim poder abastir durant un mes la fàbrica, ja que s'ha de calcular i tenir present que pot haver-hi algun tipus de dificultat de subministrament de l'estella, i cal tenir reserves suficients per garantir que la fàbrica sempre pot produir vapor i tenir marge d'acció davant aquests imprevistos de subministrament.

Per tant, amb les condicions esmentades i els càlculs realitzats en els apartats anteriors adients de necessitats màssiques i energètiques, la sitja ha de tenir una capacitat de: 84.000 kg. Aquest valor és la mitjana mensual de necessitat màssica anual, no cobriria possibles pics alts de demanda energètica i aniria sobrada amb pics baixos d'aquesta.

Cal saber quina dimensió ha de tenir aquesta sitja:

- **Capacitat necessària:** 84.000 kg
- **Densitat estella:** 250 kg/m³
- **Dimensió sitja:**

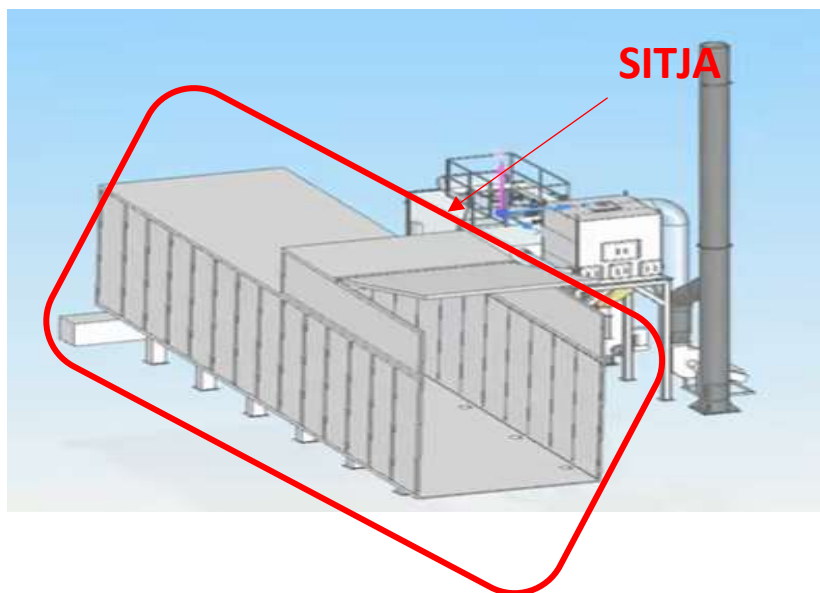
$$Volum\ sitja = \frac{Capacitat\ necessària}{Densitat\ Estella}$$

$$Volum\ sitja = \frac{84.000\ kg}{250\ kg/m^3} = 336\ m^3$$

Per tenir arrodonir i tenir més marge d'emmagatzematge consideraré un volum de sitja de 480 m³

Amb la necessitat de volum calculada, cal dissenyar les dimensions de la sitja. Primer de tot s'ha de tenir una idea de com serà aquesta sitja. La sitja ha de ser un prisma rectangular, que permeti l'entrada d'un camió dins seu. Aquesta sitja tindrà un sistema de terra mòbil i una porta empenyedora per anar alimentant el transportador de rosca que hi haurà situat al final de la sitja i que serà l'encarregat d'alimentar d'estella la caldera. Cada vegada que un camió portarà biomassa, aquesta porta, mitjançant un sistema de pistons hidràulics, quedarà plana a terra per permetre l'entrada del camió i que aquest descarregui l'estella dins la sitja. Un cop acabada la descàrrega la porta tornarà a la seva posició vertical per poder seguir empenyent l'estella cap al transportador alimentador. Les següents imatges mostren una idea de com hauria de ser la sitja, tot i que no hi estan dissenyats encara el sistema de terra mòbil ni de la porta empenyedora. S'hi pot veure també el que seria una possible

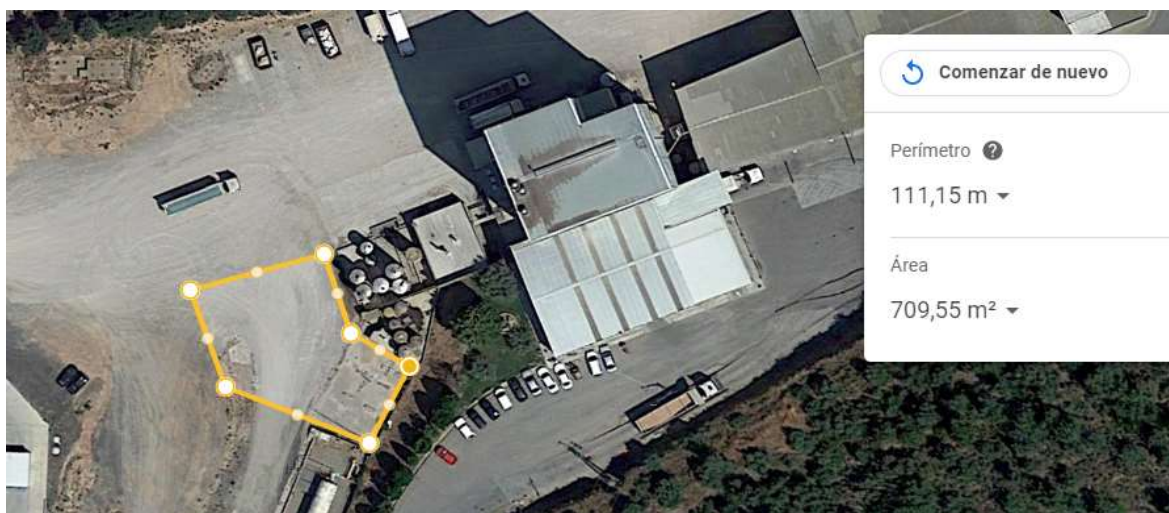
caldera i la idea del sistema d'alimentació de la sitja a la caldera. No representa la situació exacta de la fàbrica.



Imatge 7.4: Disseny representatiu de la forma de la sitja, sense la porta (Font: ATTSU)

Per calcular les dimensions també és necessari saber de l'espai que disposem a la zona de la fàbrica:

- Àrea i perímetre zona descàrrega:



Imatge 7.5: Àrea i perímetre zona descàrrega (Font: Pròpia)

- Amplada i llargada útil per situar la sitja dins la zona de descàrrega:



Imatge 7.6: Llargada disponible per situar la sitja (Font: Pròpia)



Imatge 7.7: Amplada disponible per situar la sitja (Font: Pròpia)

- Dimensions camions:

Llargada: 16,5 m

Amplada: 2,55 m

Alçada: 4,3 m

Amb totes aquestes dimensions sabudes, les dimensions de la sitja haurien de ser:

Llargada: 20 m

Amplada: 8 m

Alçada: 5 m

Això fa un total de capacitat de volum de:

$$V = \text{Llargada} \times \text{Amplada} \times \text{Alçada}$$

$$V = 20 \text{ m} \times 8 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 800 \text{ m}^3$$

El càlcul de necessitat volumètrica d'emmagatzematge era de 350 m³, el volum que es necessita per tenir estella suficient per un mes, i el calculat amb les mides que crec corresponents és de 800 m³. L'explicació d'aquest fet és perquè cal tenir en compte que l'alçada útil no serà de 5 m, sinó que serà de només 3 m, l'alçada de la porta i per tant l'alçada màxima on pot arribar l'estella. Això ja ens deixa un valor de 480 m³ només, una capacitat de 130 m³ més que els necessaris, i al tenir en compte que l'estella pot quedar no repartida uniformement, deixant algunes zones més altes o més baixes al esser apilada o altres efectes que provoquin que la seva repartició dins la sitja no sigui uniforme, és un marge de capacitat que podem considerar un factor de seguretat. A més a més, com l'espai no és un paràmetre que sigui un problema, sinó que n'hi ha de sobres, es bo apostar per una gran capacitat, més de la necessària, ja què sempre donarà més autonomia a la fàbrica.

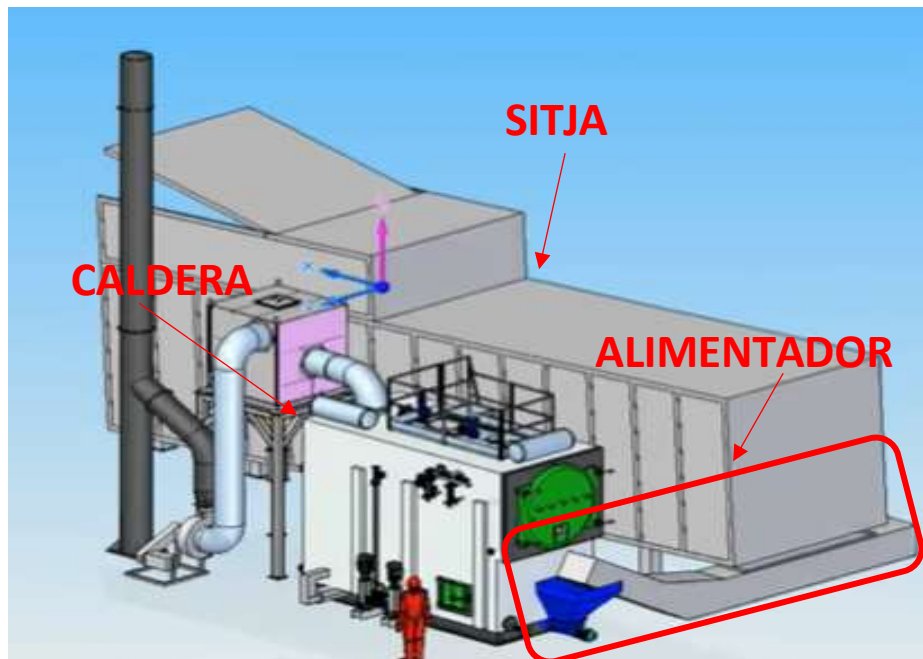
Les dimensions de la sitja no són aleatòries, seguidament les explicacions:

- **Llargada:** 20 metres de llargada perquè hi pugui entrar un camió sencer a dins, els quals els més gran fan 16,5 m. Els 3,5 m de més són perquè com l'espai no és un problema, val més disposar de més llargada que sempre serà sinònim de més capacitat.
- **Amplada:** 8 metres d'amplada perquè els camions puguin maniobrar endarrere amb facilitat.
- **Alçada:** 5 metres d'alçada perquè els camions en fan 4,3 metres d'alçada màxima, i a més a més si fos el cas que s'hagués d'entrar a dins amb una pala carregadora, en el cas de que la porta empenyedora no acabés d'apilar del tot bé l'estella, hi hagi alçada suficient per realitzar la tasca d'apilar sense dificultats.

7.1.3. TRANSPORTADOR ALIMENTADOR

Per tal d'alimentar la caldera amb l'estella cal un transportador que porti la biomassa de la sitja fins a la caldera. Tal i com ja s'ha vist en els apartats anteriors, la sitja d'emmagatzematge es troba molt pròxima a la caldera, només hi ha les sitges d'additius per la fabricació de pinso entre mig.

La idea del sistema d'alimentació de la caldera queda reflectida a la següent imatge. (No és una representació exacta del cas que ens ocupa):



Imatge 7.8: Disseny representatiu de la infraestructura d'alimentació (Font: ATTSU)

7.1.4. SALA CALDERA

La caldera de biomassa aniria situada al mateix lloc on actualment hi ha la caldera de gas natural, ja és una sala adaptada per les calderes i ja hi ha tots els elements necessaris d'una sala de calderes d'una xarxa de distribució del vapor, per tant, no caldria fer modificacions a la instal·lació. Només seria canviar la caldera actual per la nova. La única modificació necessària seria l'obertura a la paret de la sala d'un orifici per el qual pogués arribar l'alimentador de la caldera provinent de la sitja.

7.2. SUBMINISTRAMENT D'ESTELLA

Per poder utilitzar com a combustible l'estella, primer de tot cal trobar un proveïdor que pugui garantir el subministrament que necessita la fàbrica.

Aquest subministrador, per facilitar l'organització i logística, hauria d'estar ben comunicat amb la xarxa viària amb Artesa de Segre i ser el màxim proper possible. Una de les condicions per el canvi de font energètica és la voluntat d'aconseguir un preu anual de subministrament del combustible fix, sense variacions com té el gas, ja que com he demostrat amb la comparativa dels mesos Febrer-Agost, aquesta variable del preu té molta influència en el cost econòmic. El subministrador en qüestió ha de tenir les infraestructures de transports adients per adaptar-se a una demanda tant voluminosa com seria la de la Cooperativa. En definitiva, es valorarà comunicacions amb Artesa, capacitat de subministrament i oferta de preu anual fix.

L'empresa que transforma biomassa a Catalunya a la província de Lleida, que per tant ja té més possibilitats de complir el requisit de bona comunicació viària amb Artesa, i que mou un volum de biomassa adient a les necessitats requerides és l'empresa situada a Almenar i anomenada GEMMA BIOMASS KM0.

L'empresa GEMMA BIOMASS KM0 m'han fet arribar les característiques de la seva estella, sobre les quals seguidament recalcularé les necessitats màssiques ja que variaran segons el càlcul teòric fet en l'apartat d'estudi de l'estella, on les dades eren genèriques., i també han fixat un preu anual per l'estella que subministraran. Seguidament tots els detalls i nous càlculs per l'estella exacta d'utilització:

Proveïdor	GEMMA BIOMASS KM0	
Domicili	Almenar, N-230 km 24	
Producte	Estella Industrial	
Característiques	Humitat	35%
	Poder Calorífic	3,2 kWh/Tn
Preu estella	52 €/Tn	

Taula 7.1: Dades subministrador estella i estella subministrada (Font: GEMMA BIOMASSKM0)

De la taula anterior, proporcionada per GEMMA BIOMASSKM0 en podem extreure la distància des del punt de subministrament fins la fàbrica de la Cooperativa, i també que l'estella que ens proporcionarien és de més baixa qualitat que amb la qual havia realitzat els estudis teòrics de necessitat màssica de l'estella, però el preu també és més baix que en l'estudi econòmic teòric de l'estella. Degut a aquests canvis, realitzaré l'estudi de necessitat màssica i econòmic de l'estella de nou, utilitzant les dades exactes de l'estella que serà subministrada a la caldera.

7.2.1. ESTUDI MÀSSIC I ECONÒMIC DE L'ESTELLA SUBMINISTRADA

Tal i com ha quedat reflectit en la taula 7.1, les característiques de l'estella amb la qual vaig realitzar l'estudi màssic i econòmic teòric són diferents de les característiques de l'estella que GEMMA BIOMASSKM0 subministraria la Cooperativa d'Artesa de Segre. Per aquest motiu, seguidament realitzaré els dos estudis per saber amb quins valors màssic hem de treballar i quins costos representarà l'ús de l'estella amb el preu amb el qual GEMMA BIOMASSKM0 ens ha fet oferta per un volum superior a 1.000 Tn anuals.

Per poder fer el càlcul de necessitat màssica utilitzaré les dades de consum energètic en kWh actual, i utilitzant el PCI l'estella subministrada pel proveïdor, amb una humitat del 35%, que és de 3,2 kWh/kg.

Amb les dades obtingudes a l'apartat 4.2.1, puc posar un valor al consum anual de kWh:

$$- \text{Total kWh període Gener – Desembre} = \sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits}$$

$$\sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits} = 4.411.117 \text{ kWh}$$

Amb aquest valor i el valor del PCI de l'estella puc obtenir la quantitat de quilos d'estella necessària per produir tots els kWh consumits per la fàbrica durant tot un any:

$$- \text{Total kg's estella} = \frac{\sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits}}{\text{PCI}}$$

$$- \text{Total kg's estella} = \frac{4.411.117}{3,2} = 1.378.474,063 \text{ kg}$$

Com es pot veure, i com era d'esperar degut a que el PCI és més baix, la quantitat d'estella necessària és uns 380.000 kg superior a la calculada teòricament.

Seguidament l'estudi econòmic amb el preu ofert per l'empresa subministradora. Per calcular-ho utilitzo la necessitat màssica d'estella real:

- Total massa estella: 1.378.474,063 kg = 1.378,474063 Tn
- Preu estella: 52 €/Tn (**Font:** GEMMA BIOMASSKMO)
- $Cost\ Econòmic = Total\ massa\ estella \cdot Preu\ estella$
- $Cost\ Econòmic = 1.378,474063\ Tn \cdot 52\ \frac{€}{Tn} = 71.680,65\ €$
- $Preu\ estella\ \frac{€}{kWh} = \frac{Cost\ Econòmic}{kWh\ necessaris}$
- $Preu\ estella\ \frac{€}{kWh} = \frac{71.680,65€}{4.411.117\ kWh} = 0,01625\ €/kWh$

Tal i com es pot comprovar amb els valors obtinguts, tot i necessitar més massa d'estella, el cost és uns 12.000€ inferior que el calculat teòricament, això és degut a que al ser una comanda anual molt gran i per tant garantir donar sortida a molta matèria produïda, l'empresa subministradora ha pogut realitzar una oferta amb un preu inferior al mitjà anual de la biomassa d'estella i per tant realitzar una molt bona oferta pels interessos econòmics de la fàbrica.

En conclusió, amb l'oferta real del subministrador, la fàbrica s'estalviaria respecte utilitzar com a combustible el gas natural uns 34.825 € anuals.

COST ECONÒMIC ANUAL GAS	106.506,53 €
COST ECONÒMIC ANUAL ESTELLA	71.680,65€
ESTALVI	34.825,88€
PREU UNITARI GAS	0,024145 €/kWh
PREU UNITARI ESTELLA	0,01625 €/kWh
DIFERÈNCIA	7,895·E ⁻³ €/kWh

Taula 7.2: Resum estalvi econòmic (**Font:** Pròpia)

7.2.2. FREQUÈNCIA DE SUBMINISTRAMENT

En aquest apartat s'estudiarà la distància, i per tant temps, que separa els dos punts en qüestió: Planta subministradora i fàbrica de pinso de la Cooperativa, per tenir una idea de la immediatesa en la qual es podria entregar una comanda. Així mateix, també si estudiarà, a través de la necessitat màssica calculada, la freqüència de subministrament necessària.

La planta subministradora d'estella es situa a la N-230, al seu pas per Almenar, al km 24. Això representa les següents distàncies i temps fins a la Cooperativa d'Artesa de Segre:

- **DISTÀNCIA:** 51 km
- **TEMPS DEL RECORREGUT AMB CAMIÓ:** 50 minuts

El recorregut és senzill, a l'alçada d'Alfarràs s'ha d'agafar la C-26 direcció Balaguer, allà seguir a la C-26 direcció Artesa de Segre, un cop a Artesa de Segre, a l'alçada de la variant del poble, entrar al desviament de la C-14 direcció Agramunt i un cop allà agafar el desviament cap al Polígon Industrial El pla, on es situa la fàbrica de la Cooperativa. És a dir, és un trajecte ràpid, de carretera majoritàriament recta i amb pocs desviaments. Per tant, l'acció de subministrament per part de camions és molt senzilla, motiu el qual ens deixa veure que l'elecció d'aquesta empresa subministradora és la correcta.

La freqüència de subministrament de l'estella ve marcada per la capacitat dels camions que transportin l'estella i el volum de reserva desitjat d'aquesta, normalment la capacitat desitjada serà per un mes de treball.

- **NECESSITAT MÀSSICA ANUAL:** 1.378.474,063 €
- **NECESSITAT MÀSSICA MITJANA MENSUAL:** 114.872,84 kg

A l'apartat de la sitja podem veure que la sitja ha estat dissenyada amb un volum de 480m^3 , per tant seguim tenint capacitat suficient amb la sitja ja calculada, ja que amb la densitat de 250 kg/m^3 el volum ocupat per aquesta quantitat de quilos és de 460 m^3 .

Per saber la freqüència d'arribada de camions cal saber la capacitat dels camions. L'empresa subministradora m'ha proporcionat les dades dels camions-tràiler que tenen amb terra mòbil, sense necessitar bolquet per descarregar, fet que permet tenir una sitja més baixa, amb menys altura en desús. La capacitat és la següent:

- **CAPACITAT VOLUMÈTRICA CAMIÓ-TRÀILER:** 72 m^3
- **CAPACITAT MÀSSICA CAMIÓ-TRÀILER:** 18.000 kg

Tal i com he calculat podem veure que cada camió pot portar al voltant d'uns 18.000 kg d'estella.

Cada dia es gastaran aproximadament de mitjana uns 4.787 kg de biomassa, per tant amb un camió es pot treballar 3 dies tranquil·lament.

Amb aquests càlculs podem estipular que la freqüència mínima d'arribada d'un camió contant que no hi ha reserves d'estella és de 3 dies. Cada 3 dies es necessitaria un camió per no deixar la caldera sense combustible.

7.3. INVERSIÓ A REALITZAR

En aquest punt donaré el valor dels pressupostos rebuts per la implantació de tota l'estructura necessària per canviar la font d'energia de gas natural a biomassa d'estella, considerant que el canvi es realitza de forma immediata, sense tenir en compte la vida útil que encara li queda a la caldera de gas actual ni l'opció de tornar-hi a ficar una de gas.

Els pressupostos inclouen tota la instal·lació necessària per passar al combustible d'estella: Caldera, instal·lacions i accessoris del voltant de la caldera, sitja d'emmagatzematge de les dimensions demanades, alimentador sitja-caldera, transport de tot l'equip fins a la fàbrica i tots els elements i accions necessaris per la seva instal·lació.

- **VALOR TOTAL PRESSUPOST: 396.000€ (Font: PANATEC POWER SOLUTIONS)**

Seguidament calcularem l'amortització de la inversió a 10 anys, que és el període en el qual l'empresa vol veure si és rentable o no la inversió:

Per realitzar el càlcul de si la inversió és amortitzable a 10 anys s'ha tingut en compte l'estalvi econòmic anual (34.825 €) que suposaria utilitzar estella enlloc de gas natural, i amb això s'ha calculat el cash-flow anual i el cash-flow acumulat. No s'ha tingut en compte la possible inflació del diner en aquest període.

ANYS	0	1	2	3	4	5
INVERSIÓ	396.000					
ESTALVI		34.825	34.825	34.825	34.825	34.825
CASH-FLOW	-396.000	34.825	34.825	34.825	34.825	34.825
CASH-FLOW ACUMULAT	-396.000	-361.175	-326.350	-291.525	-256.700	-221.875
6	7	8	9	10		
34.825	34.825	34.825	34.825	34.825		
34.825	34.825	34.825	34.825	34.825		
-187.050	-152.225	-117.400	-82.575	-47.750		

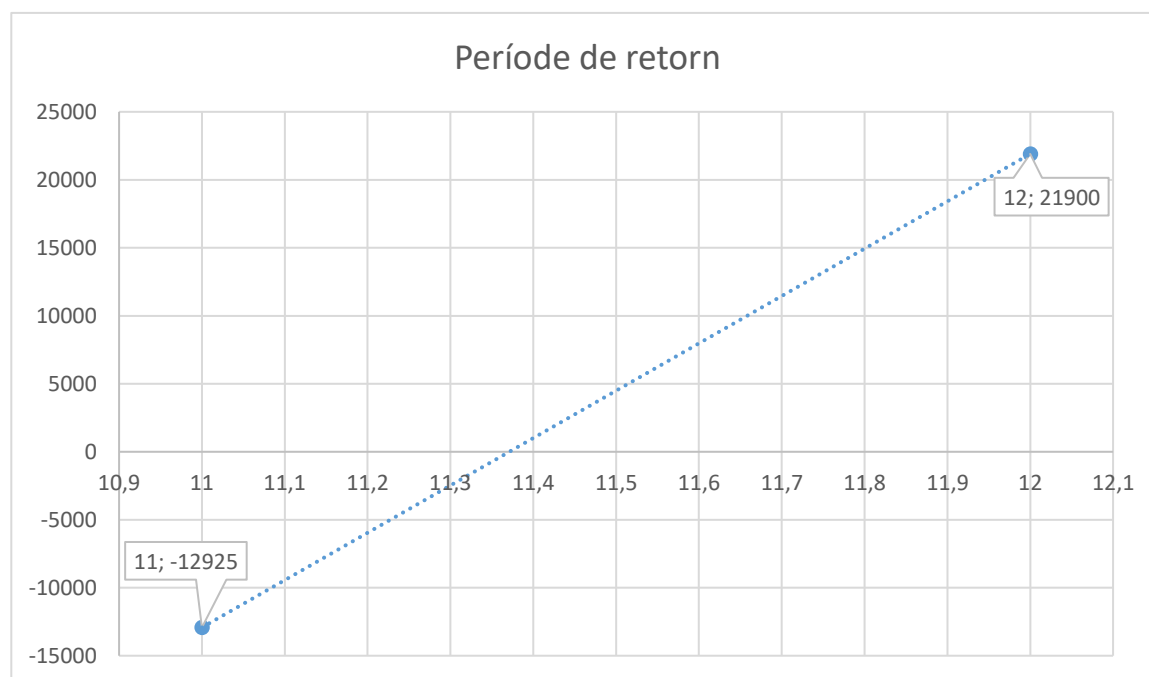
Taula 7.3: Estudi amortització a 10 anys (Font: Pròpia)

Tal i com es pot veure a la taula anterior, en el període desitjat per l'empresa de 10 anys, la inversió per passar d'utilitzar gas natural a utilitzar biomassa en forma d'estella no és amortitzable.

Seguidament estudiaré quants anys serien necessaris per amortitzar la inversió, és a dir, el període de retorn (Tampoc he tingut en compte la inflació):

ANYS	0	1	2	3	4	5
INVERSIÓ	396.000					
ESTALVI		34.825	34.825	34.825	34.825	34.825
CASH-FLOW	-396.000	34.825	34.825	34.825	34.825	34.825
CASH-FLOW ACUMULAT	-396.000	-361.175	-326.350	-291.525	-256.700	-221.875
6	7	8	9	10	11	12
34.825	34.825	34.825	34.825	34.825	34.825	34.825
34.825	34.825	34.825	34.825	34.825	34.825	34.825
-187.050	-152.225	-117.400	-82.575	-47.750	-12.925	21.900

Taula 7.4: Estudi període de retorn (Font: Pròpia)



Gràfic 7.1: Estudi període de retorn (Font: Pròpia)

L'estudi de retorn, sense comptar amb la inflació, ens mostra que als 11,37 anys la inversió estaria amortitzada i a partir de llavors seria quan la fàbrica començaria a guanyar diners amb l'estalvi produït gràcies a utilitzar biomassa en forma d'estella.

Aquest és un estudi econòmic molt general, per tant, segur que sortiria altres imprevistos que no estan controlats en aquest treball, com bé podrien ser operacions de manteniment de la caldera o altres actuacions necessàries. Per tant, segurament el període d'amortització augmentaria, és a dir, és una inversió a llarg termini, no es pot plantejar canviar tot el sistema actual per un sistema amb combustible d'estella si es busca un retorn de curt termini. Ha de ser un projecte de futur i amb un alt reconeixement del valor mediambiental positiu del que suposaria la inversió.

Amb l'estudi finalitzat d'implantació d'aquesta font energètica, no escolliria l'estella com una font d'energia viable per la qual apostar.

8. ESTUDI D'IMPLANTACIÓ COM A FONT D'ENERGIA LA BIOMASSA EN FORMA DE PALLA DE CEREAL

Un cop escollides les alternatives energètiques a estudiar, cal profunditzar en la seva implantació. En aquest apartat es veurà la infraestructura necessària per tenir com a font d'energia la palla de cereal i el cost econòmic dels canvis més destacats que serien necessaris per poder-ho dur a terme.

8.1. INFRAESTRUCTURA NECESSÀRIA

8.1.1. ZONA D'ARRIBADA DELS MITJANS DE SUBMINISTRAMENT

Per fer el canvi de gas natural a biomassa en forma de palla, un dels canvis més importants és la creació de la zona de descarrega de palla, és a dir, la zona d'arribada del subministrament energètic. La palla serà transportada fins la fàbrica mitjançant camions, per tant, es necessita una zona accessible per aquest tipus de transport, és a dir, una zona àmplia on hi hagi facilitats per maniobrar amb maquinària de grans dimensions. Aquesta zona, per facilitar la logística de l'operació de subministrament, ha de ser pròxima a la caldera de biomassa, la qual serà situada al mateix lloc on ara hi ha la caldera de gas o pròxima a aquest espai per facilitar l'aprofitament de la xarxa de distribució de vapor actual i minimitzar al màxim qualsevol modificació que s'hagi de realitzar. També és important evitar que els camions de subministrament de palla hagin de passar per zones de la fàbrica on hi ha les activitats principals d'aquesta, com podrien ser les zones dels magatzems de gra o la zona de càrrega de camions, per així evitar que interfereixin en l'activitat productiva de la fàbrica, evitant d'aquesta manera pèrdues de temps innecessàries i facilitant la feina als operaris.

A diferència del cas de la biomassa d'estella, el magatzem de descàrrega de palla no tindrà una connexió directa amb l'alimentador, alimentador el qual serà de dimensions més grans que el de l'estella, ja que el format de bala de palla ocupa més espai, per tant cal fer una distribució diferent dels espais. A més a més, cal tenir en consideració que el camió de subministrament no es descarregarà a cop de bolquet, sinó que serà necessària una màquina per descarregar-lo. Aquesta màquina, a l'hora de descarregar-lo, ha de tenir espai per maniobrar al voltant de tot el camió i moure's amb facilitat per depositar les bales de palla al magatzem. Per tant, cal que tenir estudiat que l'espai necessari per descarregar la palla serà més gran que en el cas de l'estella.



Imatge 8.1: Exemple magatzem de palla (Font: Pròpia)

Amb les condicions esmentades anteriorment, seguidament a la imatge, on es veu la situació de la fàbrica de producció de pinso, queda marcat quin és el lloc que compleix més condicions de les esmentades:

1. Entrada camions cereal (si van a bàscula, també els de biomassa)
2. Bàscula camions cereals (podria pesar camions biomassa)
3. Zona magatzems cereal
4. Bàscula camions de pinso
5. Entrada/Sortida camions de biomassa
6. Entrada/Sortida camions de pinso
7. Zona de descàrrega de la biomassa
8. Nucli de la fàbrica de producció de pinso
9. Sala de la caldera
10. Zona alimentador



Imatge 8.2: Mapa fàbrica Cooperativa d'Artesa de Segre (Font: Pròpia)

La logística que vol quedar plasmada en la imatge superior és la següent:

- El número 7 és la zona on s'ubicaria la zona de descàrrega de la biomassa, és on aniria el magatzem per guardar les bales de palla a cobert de les condicions meteorològiques, ja que és una zona relativament pròxima a la caldera, és una zona actualment en desús i sobretot una zona molt àmplia per què els camions puguin maniobrar amb espai i totes les facilitats possibles. A més a més, està lluny de les zones de tràfic de camions cerealístics i de transport de pinso, fet que evitaria que el subministrament de biomassa interferís en el funcionament diari i rutinari de la fàbrica. Un altre avantatge d'aquesta situació és la proximitat amb la carretera, i per tant sinònim d'una descàrrega ràpida.
- El número 1 indica l'entrada a la fàbrica per part dels camions que porten cereal per produir la farina per fer el pinso, mitjançant la qual podran accedir a la bàscula de pesatge que és el número 2. També podran passar per aquí alguns camions que transportin el subministrament de biomassa per ser pesats i servir com a mostra de pesatge, tot i què ja vindran pesats del proveïdor de palla. La idea és que la majoria d'aquests no passin per aquí, només algun per servir de mostra de

capacitat de transport dels camions de biomassa, ja que tal i com s'esmenta, el número 3 és la zona per descarregar el cereal per fer farina als magatzems d'emmagatzematge d'aquest, i és molt interessant que per aquí només hi passin i hi operin camions cerealístics per no crear interferències i endarreriments en la productivitat de la fàbrica. En el cas dels camions de mostreig de biomassa que siguin pesats, passaran per aquí i donaran la volta per darrere els magatzems de cereal (tal i com la imatge mostra que es pot fer) per arribar a la zona de descarrega de la biomassa.

- El número 6 seria l'entrada i sortida pels camions que venen a ser carregats del pinso produït a la fàbrica. El seu objectiu és anar a la zona número 4, la bàscula de pesatge de pinso, i aquesta seria l'entrada més ràpida i directa i que no interferiria en cap altre tràfic de camions. En aquest punt trobem l'únic possible problema d'interferències de pas. El camí del magatzem de palla fins la zona on s'ubicarà l'alimentador i el camí des d'aquesta entrada fins la bàscula 4 es creuen, i podria donar-se el cas que mentrestant la màquina encarregada d'alimentar l'alimentador amb bales de palla n'estigui transportant d'un lloc a l'altre interfereixi el pas dels camions de pinso. Caldria tenir una bona planificació d'alimentació de l'alimentador per evitar utilitzar aquesta ruta durant les hores més concorregudes de camions de pinso.
- El número 5 seria l'entrada pels camions que transportin la biomassa. Aquesta entrada és la que porta directament a la zona de descàrrega 7. Els camions de biomassa no molestarien a la resta de camions necessaris pel funcionament de la fàbrica.
- La zona 10 és on s'ubicaria l'alimentador de palla de la caldera. Com ja he esmentat anteriorment, el camí d'aquesta zona al magatzem de palla (zona 7) suposaria l'únic punt conflictiu i que podria molestar el tràfic fluid de camions de pinso.

La zona 7, la zona que he pensat com a zona de descàrrega, actualment hi ha un descampat en desús, fet que fa el lloc ideal per col·locar-hi el magatzem per guardar les bales de palla, ja que la seva construcció seria ràpida perquè no cal enderrocar res, i a més a més és una zona molt àmplia.

En les imatges següents mostren el lloc on s'hauria de construir la zona de descàrrega i el que actualment hi podem trobar, així com les entrades des de la carretera cap a la fàbrica:



Imatge 8.2: Entrada 5 a la fàbrica (Font: Pròpia)



Imatge 8.3: Descampat per construir el magatzem de palla 5 (Font: Pròpia)

8.1.2. SITJA D'EMMAGATZEMATGE

La sitja d'emmagatzematge de la palla serà el cobert que ja ha quedat representat en la imatge 8.1. Tal i com he explicat anteriorment, les bales de palla transportades pels camions seran descarregades amb el toro descarregador de la fàbrica dins el magatzem de palla.

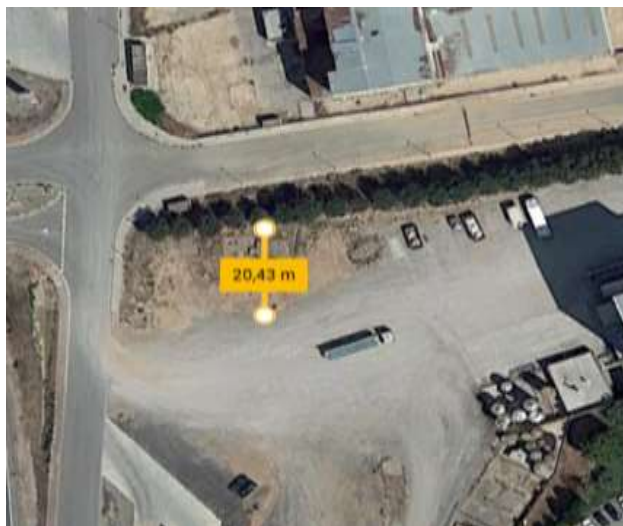
La sitja hauria de poder emmagatzemar al voltant de la quantitat màssica teòrica necessària per un mes de funcionament. Segons els càlculs realitzats en l'apartat teòric de la palla de cereal com a biomassa, la necessitat mitjana mensual és de 101.826,34 kg. Aquest valor és la mitjana mensual de necessitat màssica anual, no cobriria possibles pics alts de demanda energètica i aniria sobrada amb pics baixos d'aquesta.

Cal saber quina dimensió ha de tenir aquest magatzem, i per saber-ho cal tenir en compte les dimensions següents:

- **Capacitat necessària:** 101.826,34 kg
- **Massa de cada bala de palla:** 350 kg
- **Dimensions bala de palla:** 90x120x250 cm (Alçada, Amplada, Llargada)
- **Bales necessàries per cobrir necessitat teòrica:** 291
- **Paràmetres disseny magatzem:**
 - Alçada magatzem a les parts baixes de la teulada: 7m (7 bales)
 - Amplada magatzem: 18 m (6 bales)
 - Profunditat magatzem: 13 m (10 bales)

Amb aquests paràmetres de disseny al magatzem hi cabrien 420 bales, uns 150.000 kg, supera la capacitat necessària teòrica però ja ens interessa per tenir un factor de seguretat per si la palla en algun subministrament no és de tant bona qualitat i n'és necessària més.

En les següents imatges es representa les distàncies disponibles per construir el magatzem de palla en la zona en desús:



Imatge 8.4: Profunditat disponible per construir (Font: Earth)



Imatge 8.5: Amplada disponible per construir (Font: Earth)

8.1.3. ALIMENTADOR

L'alimentador de la caldera anirà situat, tal i com he indicat, a la zona 10, la zona actualment en desús que es troba entre les sitges de productes additius pel pinso i el tanc de gas natural.

L'alimentador de palla està dissenyat per l'empresa ACR Ecocalderas. Consta d'una rampa on es situen les bales de palla amb el toro carregador de la fàbrica, que té el terra mòbil i fa que les bales avancin fins la boca d'un sistema de trituració d'aquestes, que un cop triturades (de forma lenta i progressiva segons la necessitat de combustible de la caldera), va enviant la palla cap dins la caldera.

Seguidament unes imatges de tot el sistema d'alimentació:



Imatge 8.6: Infraestructura alimentador de palla (Font: ACR Ecocladeres)



Imatge 8.7: Disseny alimentador (Font: ACR Ecocladeres)

8.1.4. SALA CALDERA

La caldera de biomassa aniria situada al mateix lloc con actualment hi ha la caldera de gas natural, ja és una sala adaptada per les calderes i ja hi ha tots els elements necessaris d'una sala de calderes d'una xarxa de distribució del vapor, per tant, no caldria fer modificacions a la instal·lació. Només seria canviar la caldera actual per la nova. La única modificació necessària seria l'obertura a la paret de la sala d'un orifici per el qual pogués arribar l'alimentador de la caldera provinent de la sitja i si també s'ha de fer alguna modificació estructural de la sala.

8.2. SUBMINISTRAMENT DE PALLA DE CEREAL

Per poder utilitzar com a combustible la palla, primer de tot cal trobar un proveïdor que pugui garantir el subministrament que necessita la fàbrica.

Aquest subministrador, per facilitar l'organització i logística, hauria d'estar ben comunicat amb la xarxa viària amb Artesa de Segre i ser el màxim proper possible. Una de les condicions per el canvi de font energètica és la voluntat d'aconseguir un preu anual de subministrament del combustible fix, sense variacions com té el gas, ja què com he demostrat amb la comparativa dels mesos Febrer-Agost, aquesta variable del preu té molta influència en el cost econòmic. El subministrador en qüestió ha de tenir les infraestructures de transports adients per adaptar-se a una demanda tant voluminosa com seria la de la Cooperativa. En definitiva, es valorarà comunicacions amb Artesa, capacitat de subministrament i oferta de preu anual fix.

L'empresa que mou més tones de palla a la província de Lleida, i de les primeres de Catalunya, que per tant ja té més possibilitats de complir el requisit de bona comunicació viària amb Artesa, i què mou un volum de biomassa adient a les necessitats requerides és l'empresa situada a Balaguer i anomenada COFASER 2000.

L'empresa COFASER m'ha fet arribar les característiques de la seva palla, sobre les quals seguidament recalcularé les necessitats màssiques ja què variaran segons el càlcul teòric fet en l'apartat d'estudi de la palla de cereal, on les dades eren genèriques., i també han fixat un preu anual per la palla que subministraran. Seguidament tots els detalls i nous càlculs per la palla exacta d'utilització:

Proveïdor	COFASER 2000	
Domicili	Balaguer, Passeig Estació 56	
Producte	Palla de Cereal	
Característiques	Humitat	8-10%
	Poder Calorífic	4,5 kWh/Tn
Preu palla	60 €/Tn	

Taula 8.1: Dades subministrador palla i palla subministrada (Font: COFASER 2000)

De la taula anterior, proporcionada per COFASER 2000 en podem extreure la distància des del punt de subministrament fins la fàbrica de la Cooperativa, i també que la palla que ens proporcionarien és de més bona qualitat que amb la qual havia realitzat els estudis teòrics de necessitat màssica de palla, i el preu també és més baix que en l'estudi econòmic teòric de la palla. Degut a aquests canvis, realitzaré l'estudi de necessitat màssica i econòmic de la palla de nou, utilitzant les dades exactes de la palla que serà subministrada a la caldera.

8.2.1. ESTUDI MÀSSIC I ECONÒMIC DE LA PALLA SUBMINISTRADA

Tal i com ha quedat reflectit en la taula 8.1, les característiques de la palla amb la qual vaig realitzar l'estudi màssic i econòmic teòric són diferents de les característiques de la palla que COFASER 2000 subministraria la Cooperativa d'Artesa de Segre. Per aquest motiu, seguidament realitzaré els dos estudis per saber amb quins valors màssic hem de treballar i quins costos representarà l'ús de la palla de cereal amb el preu amb el qual COFASER 2000 ens ha fet oferta.

Per poder fer el càlcul de necessitat màssica utilitzaré les dades de consum energètic en kWh actual, i utilitzant el PCI de la palla subministrada pel proveïdor, amb una humitat del 8,3%, que és de 4,5 kWh/kg.

Amb les dades obtingudes a l'apartat 4.2.1, puc posar un valor al consum anual de kWh:

$$- \text{Total kWh període Gener – Desembre} = \sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits}$$

$$\sum_{\text{Desembre}}^{\text{Gener}} \text{kWh consumits} = 4.411.117 \text{ kWh}$$

Amb aquest valor i el valor del PCI de l'estella puc obtenir la quantitat de quilos d'estella necessària per produir tots els kWh consumits per la fàbrica durant tot un any:

$$\begin{aligned}
 - \quad Total \text{ kg's estella} &= \frac{\sum_{Desembre}^{Gener} kWh \text{ consumits}}{PCI} \\
 - \quad Total \text{ kg's estella} &= \frac{4.411.117}{4,5} = 980.248,222 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

Com es pot veure, i com era d'esperar degut a que el PCI és més alt, la quantitat de palla necessària és uns 241.667,78 kg inferior a la calculada teòricament.

Seguidament l'estudi econòmic amb el preu ofert per l'empresa subministradora. Per calcular-ho utilitzo la necessitat massica de palla real:

$$\begin{aligned}
 - \quad Total \text{ massa palla: } &980.248,222 \text{ kg} = 980,25 \text{ Tn} \\
 - \quad Preu palla: &60 \text{ €/Tn (Font: COFASER 2000)} \\
 - \quad Cost \text{ Econòmic} &= Total \text{ massa palla} \cdot Preu \text{ palla} \\
 - \quad Cost \text{ Econòmic} &= 980,25 \text{ Tn} \cdot 60 \frac{\text{€}}{\text{Tn}} = 58.815 \text{ €} \\
 - \quad Preu \text{ palla} \frac{\text{€}}{\text{kWh}} &= \frac{Cost \text{ Econòmic}}{kWh \text{ necessaris}} \\
 - \quad Preu \text{ palla} \frac{\text{€}}{\text{kWh}} &= \frac{58.815 \text{ €}}{4.411.117 \text{ kWh}} = 0,01333 \text{ €/kWh}
 \end{aligned}$$

Tal i com es pot comprovar amb els valors obtinguts, el fet de necessitar menys massa i que el preu sigui més baix, fa que el cost sigui uns 12.865,65€ inferior que el calculat teòric.

En conclusió, amb l'oferta real del subministrador, la fàbrica s'estalviaria respecte utilitzar com a combustible el gas natural uns 47.691,55 € anuals.

COST ECONÒMIC ANUAL GAS	106.506,53 €
COST ECONÒMIC ANUAL PALLA	58.815€
ESTALVI	47.691,55€
PREU UNITARI GAS	0,024145 €/kWh
PREU UNITARI PALLA	0,013333 €/kWh
DIFERÈNCIA	0,010812 €/kWh

Taula 8.2: Resum estalvi econòmic (Font: Pròpia)

8.2.2. FREQUÈNCIA DE SUBMINISTRAMENT

En aquest apartat s'estudiarà la distància, i per tant temps, que separa els dos punts en qüestió: Magatzem a subministrador i fàbrica de pinso de la Cooperativa, per tenir una idea de la immediatesa en la qual es podria entregar una comanda. Així mateix, també si estudiarà, a través de la necessitat massica calculada, la freqüència de subministrament necessària.

L'empresa subministradora de palla es situa a Balaguer. Això representa les següents distàncies i temps fins a la Cooperativa d'Artesa de Segre:

- **DISTÀNCIA:** 23 km
- **TEMPS DEL RECORREGUT AMB CAMIÓ:** 30 minuts

La freqüència de subministrament de la palla ve marcada per la capacitat dels camions que la transportin i el volum de reserva desitjat d'aquesta, normalment la capacitat desitjada serà per un mes de treball.

- **NECESSITAT MÀSSICA ANUAL:** 980.248,222 kg
- **NECESSITAT MÀSSICA MITJANA MENSUAL:** 81.687,36 kg

A l'apartat de la sitja podem veure que la sitja ha estat dissenyada per emmagatzemar 420 bales, que són uns 150.000 kg.

Per saber la freqüència d'arribada de camions cal saber la capacitat dels camions. L'empresa subministradora m'ha proporcionat les dades dels camions-tràiler que tenen. La capacitat és la següent:

- **CAPACITAT CAMIÓ:** 68 bales
- **CAPACITAT MÀSSICA CAMIÓ:** 23.800 kg

Tal i com he calculat podem veure que cada camió pot portar al voltant d'uns 23.800 kg de palla.

Cada dia es gastaran aproximadament de mitjana uns 3.141,82 kg de biomassa, per tant amb un camió es pot treballar 7 dies tranquil·lament.

Amb aquests càlculs podem estipular que la freqüència mínima d'arribada d'un camió contant que no hi ha reserves d'estella és de 7 dies. Cada 7 dies es necessitaria un camió per no deixar la caldera sense combustible.

8.3. INVERSIÓ A REALITZAR

En aquest punt donaré el valor dels pressupostos rebuts per la implantació de tota l'estructura necessària per canviar la font d'energia de gas natural a biomassa de palla de cereal, considerant que el canvi es realitza de forma immediata, sense tenir en compte la vida útil que encara li queda a la caldera de gas actual ni l'opció de tornar-hi a ficar una de gas.

Els pressupostos inclouen tota la instal·lació necessària per passar al combustible de palla: Caldera, instal·lacions i accessoris del voltant de la caldera, sitja d'emmagatzematge de les dimensions demanades, alimentador sitja-caldera, transport de tot l'equip fins a la fàbrica i tots els elements i accions necessaris per la seva instal·lació.

- **VALOR TOTAL PRESSUPOST:** 405.000€ (*Font: ATTSU + ECOCALDERAS*)

Seguidament calcularem l'amortització de la inversió a 10 anys, que és el període en el qual l'empresa vol veure si és rentable o no la inversió:

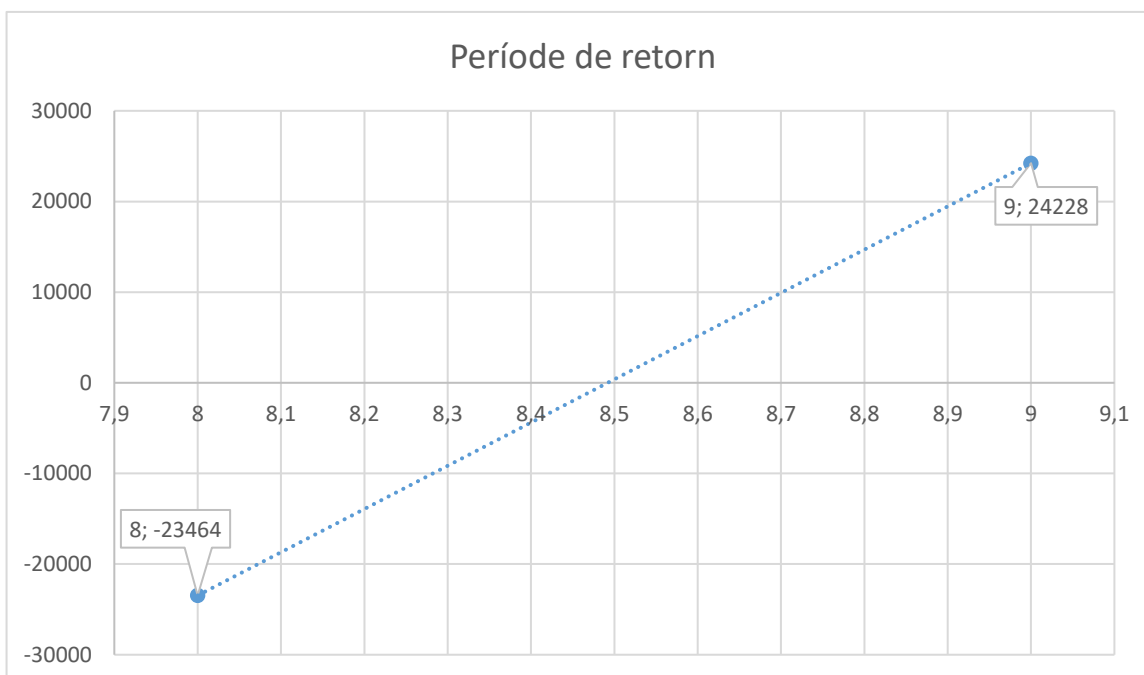
Per realitzar el càlcul de si la inversió és amortitzable a 10 anys s'ha tingut en compte l'estalvi econòmic anual (47.692 €) que suposaria utilitzar palla de cereal enlloc de gas natural, i amb això s'ha calculat el cash-flow anual i el cash-flow acumulat. No s'ha tingut en compte la possible inflació del diner en aquest període.

ANYS	0	1	2	3	4	5
INVERSIÓ	405.000					
ESTALVI		47.692	47.692	47.692	47.692	47.692
CASH-FLOW	-405.000	47.692	47.692	47.692	47.692	47.692
CASH-FLOW ACUMULAT	-405.000	-357.308	-309.616	-261.924	-214.232	-166.540
6	7	8	9	10		
47.692	47.692	47.692	47.692	47.692		
47.692	47.692	47.692	47.692	47.692		
-118.848	-71.156	-23.464	24.228	71.920		

Taula 8.3: Estudi amortització a 10 anys (Font: Pròpia)

Tal i com es pot veure a la taula anterior, en el període desitjat per l'empresa de 10 anys, la inversió per passar d'utilitzar gas natural a utilitzar biomassa en forma de palla de cereal si és amortitzable.

Seguidament estudiaré els anys exactes del període de retorn:



Gràfic 8.1: Estudi període de retorn (Font: Pròpia)

L'estudi de retorn, sense comptar amb la inflació, ens mostra que als 8,5 anys la inversió estaria amortitzada i a partir de llavors seria quan la fàbrica començaria a guanyar diners amb l'estalvi produït gràcies a utilitzar aquesta biomassa.

Aquest és un estudi econòmic molt general, per tant, segur que sortiria altres imprevistos que no estan controlats en aquest treball, com bé podrien ser operacions de manteniment de la caldera o altres actuacions necessàries. Per tant, segurament el període d'amortització augmentaria, és a dir, és una inversió a llarg termini, no es pot plantejar canviar tot el sistema actual per un sistema amb combustible de palla si es busca un retorn de curt termini. Ha de ser un projecte de futur i amb un alt reconeixement del valor mediambiental positiu del que suposaria la inversió.

Amb l'estudi d'implantació realitzat, sí que escolliria la palla de cereal com una alternativa energètica per la qual apostar.

9. CANVI DE GAS A L'ALTERNATIVA ESCOLLIDA

Amb els estudis d'implantació, tal i com he dit al final de cada font estudiada, he tret la conclusió que la única alternativa energètica amb possibilitats de ser viable és la palla de cereal.

L'estudi d'implantació estava plantejat com si el canvi de font energètica hagués de ser instantani i sense que hi hagués l'opció de tornar a implantar el gas natural com a font d'energia. Aquesta no seria la situació real actual de la fàbrica, i per això en aquest punt realitzaré l'estudi del canvi de gas natural a l'alternativa escollida, la palla de cereal, amb la situació real actual.

Actualment a la fàbrica hi ha una caldera de gas natural que té 4 anys d'antiguitat. Això comporta valorar que amb aquesta caldera encara li queda molta vida útil (uns 11 anys), i per tant, el canvi energètic no seria d'avui per demà, sinó que s'hauria de plantejar el canvi per el moment en què la caldera de gas actual arribes al final de la seva vida útil, i fos imperatiu necessari canviar la caldera. Aquest seria el moment de plantejar-se si tornar a utilitzar el gas com a font d'energia o apostar per la biomassa en forma de palla de cereal.

El canvi a palla de cereal ha quedat demostrat que és el més viable econòmicament, ja què seria amortitzable amb uns 8,5 anys (per contra dels més d'11 anys de l'estella) si no tenim en compte la diferència de preu entre una caldera que utilitzi aquest combustible o una caldera de gas.

En aquest apartat s'estudiarà la situació on la caldera actual ja estigui al final de la seva vida útil i sigui necessari el seu canvi, moment en què es plantejarà utilitzar la palla com a font energètica. Per tant, aquí es tindrà en compte l'estalvi entre combustibles però també es tindrà en compte la diferència de preu entre calderes.

Paràmetres necessaris per la comparativa:

- **PRESSUPOST FONT ENERGÈTICA PALLA:** 405.000 € (*Font: ATTSU- ECOCalderes*)
- **PRESSUPOST FONT ENERGÈTICA GAS:** 120.000 € (*Font: ATTSU*)
- **DIFERÈNCIA:** 285.000 €
- **COST ANUAL PALLA:** 58.815 €
- **COST ANUAL GAS:** 106.507 €
- **DIFERÈNCIA (ESTALVI):** 47.692 €

Per tant, la inversió d'utilitzar com a combustible la palla enlloc del gas té un sobrecost de 285.000€. L'estalvi d'utilitzar palla és de 47.692 € anuals.

Considerem una vida útil de 15 anys a les dues calderes, que és el valor normalitzat.

	0	1	2	3	4
DIFERÈNCIA D'INVERSIÓ	285.000				
ESTALVI		47.692	47.692	47.692	47.692
CASH-FLOW	-285.000	47.692	47.692	47.692	47.692
CASH-FLOW ACUMULAT	-285.000	-237.308	-189.616	-141.924	-94.232
5	6	7	8	9	10
47.692	47.692	47.692	47.692	47.692	47.692
47.692	47.692	47.692	47.692	47.692	47.692
-46.540	1.152	48.844	96.536	144.228	191.920
11	12	13	14	15	
47.692	47.692	47.692	47.692	47.692	
47.692	47.692	47.692	47.692	47.692	
239.612	287.304	334.996	382.688	430.380	

Taula 9.1: Taula estudi implantació palla versus gas (Font: Pròpia)

En la taula superior podem veure que es recuperaria la diferència d'inversió entre utilitzar palla o gas entre el cinquè i sisè any. Aquest temps està al final del primer terç de vida útil de la caldera, per tant, queda per endavant dos terços (10 anys) per obtenir el benefici econòmic generat gràcies a l'estalvi d'utilitzar com a font d'energia la palla de cereal. Aquest benefici, amb les ofertes i pressupostos obtinguts a dia d'avui, als 15 anys, que és la vida útil normal d'una caldera de generació de vapor, seria de 430.380€, un benefici econòmic molt important i que fa que l'opció d'implantar com a font energètica la palla sigui segurament la millor opció quan s'hagi de canviar la caldera.

En definitiva, econòmicament implantar l'alternativa de la biomassa de palla de cereal suposaria un benefici per l'empresa.

El canvi es podria realitzar un cop la caldera actual ja estigués amortitzada per l'empresa, ja que d'aquesta forma es podria veure reflectit més aviat el benefici econòmic d'utilitzar palla. A més a més, el fet de vendre-la sense arribar al final de la seva vida útil podria suposar la troballa d'algun comprador interessat en una caldera de segona mà i això faria reduir el temps d'amortització de la caldera de palla (8,3 anys) calculat en el cas de que el canvi fos immediat.

10. ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL

L'impacte ambiental l'analitzaré només en el cas de l'alternativa energètica escollida, la palla de cereal.

L'impacte ambiental d'aquest canvi de combustible crec que s'ha d'analitzar amb dos branques diferenciades: l'impacte visual ambiental que provocaria la infraestructura necessària per la seva implantació i l'impacte més directe al medi ambient del nostre planeta.

Primer de tot, comentaré l'impacte visual de la infraestructura. La sala on aniria la caldera no provocaria cap impacte visual diferent al actual i considerant que és un polígon industrial, és una infraestructura que s'integra a l'entorn que l'envolta. Pel que fa a l'alimentador, que actualment no hi és, quedaria perfectament integrat al nucli de la fàbrica així com la sala de calderes, i per tant, al ser un polígon industrial, no suposaria un impacte ambiental visual preocupant. L'única infraestructura que quedaria allunyada de la fàbrica, i que per el seu volum d'infraestructura si que suposaria un impacte visual ambiental més notori, seria el magatzem on s'emmagatzemaria la palla. Suposaria un canvi notori a la situació visual actual, ja que allà on està projectat actualment hi ha un descampat limitat per uns arbres, per tant, es perdria vegetació en un espai industrial i es perdria visió paisatgística. Tot i això, ja que l'entorn on ens trobem és un entorn rural, on la vegetació és predominant i el paisatge agrari i forestal és el predominant, no suposaria un punt per tombar la implantació d'aquesta energia, ja es considerarà un punt de menor importància.

Pel que fa a l'impacte purament ambiental, la implantació de la palla de cereal com a combustible és tot beneficis. Primer de tot, i sent un punt molt obvi, el fet que utilitzar aquest combustible suposarà una reducció importantíssima d'emissió de gasos contaminants a l'atmosfera. Però ja no només directament en el procés de crema de combustible i producció del vapor, sinó que també en el procés d'extracció del combustible. El gas prové de les bosses on trobem petroli, i els seus mètodes d'extracció suposen un conjunt d'impacte de tots els tipus ambientals perjudicials per la societat i el planeta. En canvi, la forma d'obtenció de la palla forma part del cicle agrari i és necessari per evitar que les possibilitats d'incendis als estius s'incrementin de forma exponencial.

A més a més, cal tenir en compte també un altre tipus d'impacte econòmic i social a la zona rural en qüestió, que directament no és ambiental però o pot acabar sent en el futur. El fet de donar valor afegit a un residu del sector agrari, sector predominant a les zones rurals, suposa l'arrelament de la població en aquestes zones, ja que al ser l'agrari el sector motor econòmic, fa que es creïn feines al seu voltant. I el fet que la població no marxi de les zones rurals ajuda a la conservació dels paisatges i de les masses forestals del món rural, que podrien arribar a ser un polvorí als estius secs i calorosos si no es gestionessin correctament. Però a més a més, eviten la despoblació rural que afavoreix la

sobrepoblació urbana, un fet que provoca una pujada d'emissions de gasos contaminants així com de generació de residus.

Per tant, l'impacte mediambiental d'aquest projecte és carament positiu i caldria estudiar en I+D per desenvolupar més i millorar les energies renovables que més enllà de reduir emissions de gasos contaminants a l'atmosfera, ajuden a frenar la despoblació rural.

CONCLUSIONS

Les conclusions obtingudes un cop fet tot el treball són les següents:

Tot i el sobrecost inicial que suposa invertir en l'energia renovable de biomassa escollida, la palla de cereal, l'estalvi que suposa la seva utilització acaba fent rentable la inversió.

Un cop comparat des d'un mateix punt de partida el gas natural i la palla de cereal, he pogut concloure que al cap de 6 anys de realitzar la inversió, econòmicament l'empresa ja comença a rebre els beneficis d'haver apostat per aquest combustible, i que al cap de 15 anys, temps normalitzat de vida útil d'una caldera, el benefici d'haver apostat per aquesta biomassa enlloc de pel gas supera els 400.000 €.

Actualment la fàbrica té una caldera que encara no ha arribat al seu terç de vida útil, per tant, segurament encara no és moment d'afrontar un canvi de combustible, però vist els números i beneficis extrets del treball, si que un cop estigui amortitzada la caldera actual, seria un moment per plantejar-se el canvi si hi ha un possible comprador per una caldera de segona mà que encara no ha arribat al tram final de la seva vida útil. En el cas que l'empresa decidís que l'opció és esperar que la caldera actual arribi al final de la seva vida útil, el moment de plantejar-se el canvi, sense cap mena de dubte, serà quan s'hagi de canviar la caldera. En aquell moment puc concloure que la millor opció serà canviar la font d'energia.

En conclusió, la biomassa en forma de palla de cereal ja és un realitat viable econòmicament per les indústries que necessiten produir vapor pel seu funcionament.

Pressupost

El preu de les hores d'oficina és de 15 €/h perquè considero que és el preu adequat per un estudiant d'enginyeria que encara no té tots els coneixements necessaris.

El preu de les hores de treball de camp en fires, conferències i punts de recollida d'informació i paràmetres de treball i econòmics és de 20 €/h per el fet d'haver-se de desplaçar.

El preu per km desplaçat és de 0,3 €/km. No hi ha dietes incloses.

PRESSUPOST				
EMPRESA			CLIENT	
ADRIÀ FARRÉ PONSÀ			AGROPECUARIA D'ARTESA DE SEGRE	
ARTESA DE SEGRE, C/JESÚS SANTACREU, 14			ARTESA DE SEGRE, A/EDUARD MALUQUER, 9	
630 59 32 81			973 400 098	
adria.farre.ponsa@gmail.com			cooperativa@coopartesa.com	
NÚMERO PRESSUPOST			DATA	
1			25/05/2019	
CONCEPTE		QUANTITAT	PREU	% DTO
HORES OFICINA		400	15 €	0
HORES TREBALL DE CAMP		100	20 €	0
QUILÒMETRES		1800	0,30 €	0
			SUMA	8.540 €
			% IVA	21
				1.793,40 €
TOTAL PRESSUPOST				10.333,40 €
FORMA DE PAGAMENT		TRANFERÈNCIA BANCÀRIA FRACCIONADA EN 2 PAGAMENTS		

Bibliografia

LLIBRES CONSULTATS

DEA Ingeniería. *Manual técnico. Diseño y calculo de redes de vapor* [en línia]. Castilla y León: Consejería de Economía y Empleo, 2010. LE-1660-2010. [Consulta: 12 març 2019]. Disponible a: <https://es.slideshare.net/miguelangelgranadamejia/manual-redes-de-vapor-51952501>

LLOCS WEB CONSULTATS

ACCIONA. *ACCIONA* [en línia]. Sangüesa. 1 Gener 2002. [16 Febrer 2019]. Disponible a: <https://www.acciona-energia.com/es/areas-de-actividad/otras-tecnologias/biomasa/>

Fedna. *Fedna* [en línia]. Espanya. [20 Febrer 2019]. Disponible a: <http://www.fundacionfedna.org/>

Suelo Solar. *Suelo Solar* [en línia]. Madrid. [1 Març 2019]. Disponible a: <https://suelosolar.com/>

Grados. *Grados* [en línia]. Fuenmayor. 1 Octubre 2002. [14 Març 2019]. Disponible a: <http://grados.com.es/sites/default/files/Guia%20vapor%20para%20industria.pdf>

Avebiom. *Índice de precios de la biomasa* [en línia]. Valladolid. 1 de Març 2019. [22 Març 2019]. Disponible a: <http://www.avebiom.org/es/ind-precios-biomasa>

BioEnergy International. *BioEnergyInternational* [en línia]. Valladolid. 24 Gener 2017. [22 Març 2019]. Disponible a: <https://bioenergyinternational.es/control-optimizado-adaptativo-adex-en-la-central-de-biomasa-de-sanguesa/>

Llotja de Vic. *Preus de palla i farratge* [en línia]. Vic. 18 de Març 2019. [22 Març 2019]. Disponible a: <http://www.llotjadevic.org/es>

GreenHeiss. *Greenheiss* [en línia]. Espanya. 30 Novembre 2016. [10 Abril 2019]. Disponible a: <https://www.greenheiss.com/tamano-silo-biomasa/>

Viessmann. *Viessmann* [en línia]. Barcelona. [12 abril 2019]. Disponible a: <https://www.viessmann.es/>

Panatec. *Panatec-Power Solutions* [en línia]. Madrid. [20 Abril 2019]. Disponible a: <http://www.panatec-power.com/>

ACIberica. *Aciberica* [en línia]. León. 4 Desembre 2017. [20 Abril 2019]. Disponible a: <https://www.aciberica.es/>

Sala Forestal. *Sala Forestal* [en línia]. Celrà. 6 Setembre 2015. [21 Abril 2019]. Disponible a: <http://www.salaforestal.com/ca/empresa-forestal-catalunya/biomassa>

GEMMA BIOMASSKM0. *Biomass km0* [en línia]. 1 Març 2015 [21 Abril 2019]. Disponible a: <http://biomasskm0.com/index.php?r=inici/noticia/&id=26&titol=Reduci%C3%B3%20d%27emissions%20de%20CO2>

ATTSU. *ATTSU* [en línia]. [22 Abril 2019] Disponible a: <https://www.attsu.com/>

ACR Ecoladeres. *ACR Ecocalderes* [en línia]. 1 Gener 2007. [28 Abril 2019]. Disponible a: <https://www.acr-ecocalderas.com/>

ARTICLES DE DIARI I REVISTES

Luis Antonio Curiel. Pioneros en producir vapor con la paja como combustible [en línia]. *El Norte de Castilla*. Baltanás, Diario El Norte de Castilla: 31 d'Octubre 2015. Disponible a: <https://www.elnortedecastilla.es/palencia/201510/31/pioneros-producir-vapor-paja-20151031132244.html>

DADES DE RECERCA

Eva Galceran (2018). Consum de gas natural [Dataset]. Cooperativa d'Artesa de Segre.

Eva Galceran (2018). Cost econòmic de gas natural [Dataset]. Cooperativa d'Artesa de Segre.

Pere Rocaspana (2018). Producció de pinso [Dataset]. Cooperativa d'Artesa de Segre.

Ramon Perales (2019). Pressupost subministrament d'estella [Dataset]. GEMMA Biomasskm0.

Manuel Arino (2019). Pressupost caldera d'estella [Dataset]. PANATEC ENERGY SOLUTIONS.

Marc Farré (2019). Oferta subministrament palla de cereal [Dataset]. COFASER 2000.

Enric Johé (2019). Pressupost caldera de palla [Dataset]. ATTSU.

Ramon Ribera (2019). Pressupost alimentador de palla [Dataset]. ECO Calderes.

Rubén Martínez (2019). Oferta caldera de gas natural [Dataset]. ATTSU

